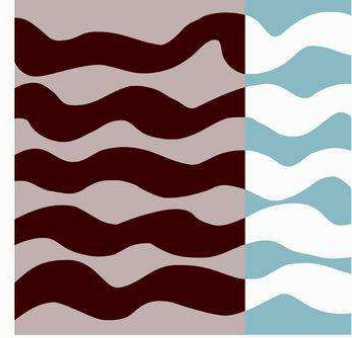




Universidad
Politécnica de
Cartagena



ETSIA
Cartagena

CULTIVO DE PLANTAS EN LAS ESTACIONES ESPACIALES

Raquel Sánchez Sánchez

Alejandro Catasús Martínez

Pablo Antonio Galindo Galindo

ESTUDIOS PREVIOS y CREACIÓN DE NUEVA EMPRESA

Ref. ETSIA_IA_PRO_110011-12_EST.PREV000.doc

TD	FECHA	DESCRIPCIÓN	ADM	REV	APR
E1	16-02-2011	Pract.1 Curso 2010-2011	JMV	JMV	JMV
E2	08-03-2011	Estudio de Viabilidad	Grupo 5	PAG	JMV
P2	16-03-2011	Análisis multicriterio	Grupo 5	PAG	
P3	23-03-2011	Análisis de los documentos de un proyecto	Grupo 5	PAG	JMV
P4	06-04-2011	Realización del presupuesto de un proyecto	PAG – RSS – ACM	PAG – RSS – ACM	JMV
P5	13-04-2011	Arquímedes	PAG – RSS – ACM	PAG – RSS – ACM	JMV
P6	07-05-2011	Seguridad y salud	PAG – RSS – ACM	PAG – RSS – ACM	JMV
P7	18-05-2011	Programación de la mano de obra	PAG – RSS – ACM	PAG – RSS – ACM	JMV
P8-9		Ejercicios	PAG – RSS – ACM	PAG – RSS – ACM	
P10	06-06-2011	Tramitación	Grupo 5	PAG	
P11	07-06-2011	Estudios previos	Grupo 5	PAG	
P12	07-06-2011	Creación nueva empresa	Grupo 5	PAG	

Índice

	1	
1. Concepción		5
	2	
2. Situación actual de mercado		5
2.1 Antecedentes		5
2.2 Análisis demanda, oferta y canales de comercialización.....		7
2.2.1 Demanda y oferta en presente y futuro.....		7
2.3 Estudio geotécnico		8
2.4 Estudio hidrológico e hidráulico.....		8
2.5 Análisis climatológico		9
2.6 Estudios de la situación actual		9
2.7 Condicionantes y restricciones del promotor		9
2.8 Diagnóstico.....		10
	3	
3. Síntesis del proyecto		10
3.1 Tamaño		10
3.1.1 Sistema fijo.....		11
3.1.2 Sistema variable		13
3.2 Localización		14
	4	
4. Definición técnica		14
4.1 Materias primas		14
4.1.1 Material vegetal		14
4.1.2 Otras materias primas		15
4.2 Tecnología		17
4.3 Residuos		23
4.3.1 Reutilización de residuos.....		23
4.3.2 Sistema de gestión de residuos.....		24
4.4 Diagrama del proceso de obtención de semillas.....		26
4.5 Factores condicionantes del sistema de producción		27
4.6 Instalaciones		28
4.7 Programación de actividades		29
	5	
5. Presupuesto		30
	6	
6. Financiación		30
	7	
7. AT&Engen S.A.		31
7.1 Antecedentes		31



7.2 Localización	31
7.2.1 CeDIN Centro de Desarrollo, Innovación y Negocio	36
7.3 Subvenciones administrativas	38
7.3.1 Plan Nacional de I+D+i	38
7.3.1.1 <i>Objetivos</i>	38
7.3.1.2 <i>Beneficiarios</i>	38
7.3.2 INNCORPORA 2011	39
7.3.3 Programa Eurostars	39
7.3.3.1 <i>Objetivo</i>	39
7.3.3.2 <i>Ayuda</i>	39
7.3.3.3 <i>Beneficiarios</i>	40
7.3.4 Subvenciones relacionadas con la implantación de nuestra empresa en el Parque Tecnológico de Fuente Álamo	40
7.4 Financiación administrativa	41
7.4.1 Financiación relacionada con la implantación de nuestra empresa en el Parque Tecnológico de Fuente Álamo	41
7.4.2 Instituto de Crédito Oficial	41
7.4.2.1 <i>ICO Inversión Sostenible</i>	41
7.4.2.2 <i>ICO Inversión</i>	42
7.4.2.3 <i>ICO SGR</i>	43
7.4.3 Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI)	43
7.5 Constitución	44
7.5.1 Trámites de constitución	45
7.5.1.1 <i>Certificado negativo de nombre</i>	45
7.5.1.2 <i>Apertura de cuenta bancaria a nombre de la sociedad</i>	45
7.5.1.3 <i>Elaboración de los Estatutos y Escritura de Constitución</i>	45
7.5.1.4 <i>Liquidación del Impuesto de Transmisiones Patrimoniales</i>	46
7.5.1.5 <i>Inscripción en el Registro Mercantil</i>	46
7.5.2 Trámites en Hacienda	46
7.5.2.1 <i>Solicitud del Código de Identificación Fiscal (CIF)</i>	46
7.5.2.2 <i>Alta en el Impuesto de Actividades Económicas (IAE)</i>	47
7.5.2.3 <i>Declaración censal (IVA)</i>	47
7.5.3 Trámites en materia de trabajo	47
7.5.3.1 <i>Afiliación y alta en el Régimen de Autónomos</i>	47
7.5.3.2 <i>Solicitud del número de patronal</i>	48
7.5.3.3 <i>Comunicación de Apertura del centro de trabajo</i>	48
7.5.3.4 <i>Solicitud del Libro de Visita</i>	48
7.5.4 Trámites en ayuntamiento	49

8

8. Legislación aplicable.....	50
-------------------------------	----

9

9. Bibliografía.....	51
----------------------	----

Anexos

Anexo I: Características del material vegetal	53
Anexo II: Análisis multicriterio	58



1. Concepción

Se desea disponer de un cultivo de plantas en las estaciones espaciales por lo que a continuación se desarrollan los estudios previos de una nueva planta agrícola con la finalidad de determinar si el proyecto es factible.

Como promotor tenemos a la Agencia Espacial Internacional, por lo que tanto el proyecto se financiará con fondos públicos.

El sector al que va dirigido este proyecto actualmente está formado por una minoría altamente seleccionada que comprende principalmente a los astronautas durante sus salidas al espacio.

Los astronautas deben consumir los alimentos que transportan desde La Tierra. Este alimento está limitado por varios factores y uno de ellos es su peso: los alimentos deben ser lo más ligeros posible y tiene que cubrir las necesidades de una tripulación, en ocasiones, durante varios meses. Otro factor es su higienización y estabilidad, por lo que es habitual el consumo de productos liofilizados, esterilizados o deshidratados, aunque también se utilizan productos congelados, y en menor medida naturales, por otra parte la ausencia de gravedad dispara los requerimientos de calcio y transportar grandes cantidades de agua al espacio resulta inviable.

Nuestro objetivo es dar una solución basada en la agricultura espacial para dar fin con esta problemática.

Los astronautas necesitan cultivar plantas en el espacio durante sus largos viajes a Marte, o incluso más lejos, será necesario producir alimentos frescos en las estaciones espaciales, ejerciendo un influjo psicológico y cumpliendo funciones de control ambiental.

Las plantas proveerán en un futuro alimento y reaprovisionaran el aire y el agua necesaria para futuros viajes espaciales. Las estadías de larga duración en el espacio requerirán que varias generaciones de plantas que crezcan de manera confiable, por esto, los estudios científicos y avances tecnológicos deben comprender el comportamiento vegetal desde las semillas hasta la recolección en el espacio, así como el tratamiento de los residuos que derivan de la actividad.

2. Situación actual de mercado.

2.1 Antecedentes.

Los primeros alimentos llevados al espacio eran deshidratados por dos razones, la primera es que había muchos sistemas que proporcionaban agua suficiente como para hidratarlos (Las células de combustible del Apollo y del Shuttle producían agua), y otra es que la conservación era mayor. Los alimentos incluidos en la actualidad dentro de las estaciones espaciales ya están hidratados en gran parte. La funcionalidad de las presentaciones primaba en los



comienzos, de esta forma se envasaban los alimentos en tubos, cubos, etc. La evolución de los alimentos espaciales va desde la preparación en tierra de pequeñas raciones, hasta los procesos de hidratación, a la cocina espacial. Todo en menos de varias décadas. Esta evolución es natural desde la perspectiva de la carrera espacial, ya que poco a poco se han alargado la duración de los viajes y se ha aumentado la habitabilidad, permitiendo la incorporación de hornos en las naves espaciales.

1. Tubos similares a los que se emplean hoy en día en los dentífricos, el alimento en tubos era uno de los más utilizados en los comienzos debido a que los astronautas aplicaban directamente a la boca el contenido de los mismos. Los tubos (elaborados de aluminio), a veces pesaban más que el contenido alimenticio que poseían en su interior, es por esta razón por la que se intentaron elaborar tubos de plástico. El problema de los tubos era que la posibilidad de embutir alimentos en tubos no daba a una gran variedad de alimentos posibles.
2. Snack deshidratados en forma de cubos de pequeño contenido (no superior a un único mordisco) que alcanzaban casi el centímetro cúbico de tamaño. Los alimentos se elaboraban con gelatinas especiales con el objetivo de que las migas (o restos) no flotasen dentro de los entornos de microgravedad y pudiesen dañar los equipos. Por regla general se empezaron a diseñar para que se hidratasen con la propia saliva. Los cubos estaban elaborados químicamente y poseían proteínas con un alto contenido de calorías y grasas de alto punto de fusión.

Las apariencias, las texturas y los sabores de estos alimentos no eran adecuadas y eran frecuentes las quejas de los astronautas al respecto. Muchos de los alimentos volvían de las misiones intactos. Pronto se pudo ver que las raciones debían ser pequeñas para que se pudiera masticar lentamente las porciones. Se intentaron otros alimentos en polvo que se rehidrataban instantes antes de ser consumidos.

Durante los 10 vuelos del programa Gemini (1964 a 1966) se incluyeron bebidas como el mosto, el zumo de naranja, etc. Los envases tenían aberturas por las que se introducía una cierta cantidad de agua mediante una manguera o pistola de agua. Tras la ingesta de los alimentos se introducían píldoras germicidas con el objeto de evitar que se pudriese el alimento durante la misión.

En la misión Apolo (1968 a 1972).la variedad del menú era mucho mayor. Aparecen por primera vez los recipientes termoestabilizados. La comida de un astronauta para una semana ocupaba el espacio de tres cajas de zapatos. A medida que fue progresando la nutrición y la longitud de los viajes se fue incluyendo alimentos en latas y envases flexibles esterilizados que permitían guardar los alimentos a temperatura ambiente durante largos períodos. Los astronautas del programa Apollo fueron los primeros en disponer de agua caliente con la que re-hidratar los alimentos y poder tener mejores sabores en sus alimentos. El empleo de cubertería, en forma de cucharas especiales ("spoon-bowl"), se empleó por primera vez en el Apolo 8, este sistema se empleó posteriormente en el programa Apollo, Skylab, en el Apollo-Soyuz y en las primeras misiones del Shuttle. Por otra parte los alimentos servidos en el programa Apolo a los astronautas fueron los primeros que fueron irradiados.



El Skylab (1973 hasta 1974) fue la primera estación espacial estadounidense, y en ella se hizo (entre otros estudios) un extenso estudio del metabolismo humano en el espacio. En el Skylab se instaló un horno eléctrico y era posible preparar por primera vez comidas en el espacio, estableciéndose la primera *cocina espacial*. Había un menú de 72 platos que rotaban en ciclos de seis días. La mayoría de los alimentos se enlataban en recipientes de aluminio con vidas de dos años, se diseñaban las latas para que soportaran cambios de presión de una atmósfera a un tercio. El Skylab era la primera nave que poseía neveras donde almacenar alimentos, de esta forma se podía comer helado, bebidas heladas e incluso alimentos congelados como langosta o filetes.

2.2 Análisis demanda, oferta y canales de comercialización

2.2.1 Demanda y oferta en presente y futuro

Las misiones planificadas tienen una duración de años y se investiga la posibilidad de cultivar los alimentos. Los requerimientos iniciales de estos sistemas de alimentos es que se reduzca en lo posible el volumen, que sea nutritivo, agradable al paladar y que se reduzca lo más posible la generación de basura. La nutrición pensada durante este tiempo tendrá en cuenta cualquier contingencia como un desbalance fisiológico que pueda ocurrir en este periodo, como por ejemplo: debido a pérdidas de peso, deshidratación, desequilibrio de electrolitos, pérdida de calcio, descenso de eritrocitos, etc. Debe tener en cuenta la ingesta de micronutrientes de forma específica, por ejemplo en EEUU la dosis diaria recomendada de calcio es de 1000 mg diarios y sin embargo en el espacio debe ser incrementada a 1200 mg, por el contrario la ingesta diaria de hierro debe ser disminuida de 18 mg a 10 mg.

Los sistemas de alimentación diseñados deberán atender no sólo a las necesidades fisiológicas, sino también a posibles problemas psicológicos, tales como cambios de humor, irritabilidad, stress, etc. La comida debe ser suficientemente sabrosa como para poder ser un elemento de sociabilidad dentro de las misiones. Se sabe que las misiones futuras durarán cerca de 2,5 años y el reto está en proporcionar alimentos que puedan durar comestibles cerca de tres años. Esto obliga a replantear los sistemas de almacenaje y de enlatado.

En las misiones tripuladas, a largas distancias, se están pensando con una duración de años de estancia en el espacio. Esto supone aproximadamente 1000 días, sobre todo si se supone que si un astronauta come casi un kilogramo de comida: es necesario una tonelada por astronauta para poder satisfacer las necesidades alimenticias de una tripulación. Este requerimiento ha hecho pensar en lo que se denomina sistemas de soporte a la vida que pueden ir desde sistemas de producción de alimentos que emplean la producción de alimentos en el espacio mediante la agricultura, la entomofagia, etc.

Se han investigado materiales alimenticios como la formosa (una mezcla compleja de azúcares), otras investigaciones del pasado realizadas por los alemanes han pasado por convertir lípidos a partir de dióxido de carbono e hidrógeno (Proceso de Fischer-Tropsch).



2.3 Estudio geotécnico

Las condiciones en las que vamos a tener nuestras plantaciones carecen de un estudio geotécnico puesto que en las estaciones las estructuras de sustentación de la vida vegetal son artificiales, es decir, al no haber un suelo con las propiedades como las que se dan en la superficie del planeta Tierra se proponen diversas alternativas para el diseño agronómico como lo son el cultivo en sustrato, el cultivo hidropónico y el cultivo aeropónico así como los diferentes materiales estructurales que ofrezcan mayores ventajas a la hora de manejo y colocación.

En definitiva, las características geotécnicas son las que nosotros diseñemos para el proyecto.

2.4 Estudio hidrológico e hidráulico

El elemento que más nos limita en la actualidad la producción agrícola es el agua. Lo que resulta un paradigma a la hora de encontrar recursos en el espacio para poder satisfacer las necesidades hídricas de un proyecto espacial. Para la mayoría de la población resulta evidente que en el espacio en el que orbita la ISS es imposible encontrar agua por lo que en las estaciones espaciales debe haber un suministro continuo de agua y por tanto, una correcta gestión de los residuos líquidos que producen los astronautas, debiendo ocupar todos estos equipos el menor espacio posible.

Si nos centramos en detalle de dónde y cómo podemos hacer para obtener recursos hídricos y, ocupando el mínimo espacio tenemos que diferentes estudios promovidos por la NASA y la ESA proponen diversas alternativas. Todas las alternativas dispuestas a continuación requieren de un aporte inicial de agua y en la mayoría la recuperación de la misma no es de un ciento por ciento por lo que se necesita aplicar agua. Depende del porcentaje de recuperación de la misma el éxito de la alternativa escogida.

1. Traslado periódico de depósitos de agua desde La Tierra.
2. Reciclado del agua del aseo personal.
3. Reciclado del agua proveniente de la orina. En este caso tenemos tanto orina proveniente de los astronautas así como de los animales en experimentación que se encuentren en la ISS.
4. Recuperación de agua cuando aumenta la humedad relativa del ambiente. Esto es originado por la sudoración y por la respiración, al igual que en el caso anterior, de los propios astronautas y de los animales en experimentación.
5. Generación de agua a partir de subproductos del sistema de generación de oxígeno de la estación y de la eliminación de dióxido de carbono.
6. Obtención de agua del material vegetal.

2.5 Análisis climatológico

La órbita media de la ISS está en torno a los 360 km desde la superficie del mar. Fuera del ámbito de influencia de la atmósfera terrestre. Según la definición clásica, podemos definir el clima como “los valores estadísticos sobre los elementos del tiempo atmosférico en una región durante un período representativo: temperatura, humedad, presión, viento y precipitaciones, principalmente”, por lo que, tal y como se ha comentado, al situarnos fuera de la influencia atmosférica no podemos hablar de clima propiamente dicho.

En este caso, hablaremos del ambiente espacial o de componentes del espacio exterior. El espacio exterior contiene la mayor parte de la materia del universo y, ésta, está formada por radiación electromagnética, partículas cósmicas, neutrinos sin masa e incluso formas de materia no bien conocidas como la materia oscura y la energía oscura.

2.6 Estudios de la situación actual

Tenemos varias opciones a barajar con respecto a lo que nos encontramos en la ISS. Una es la utilización de los espacios libres en la estación espacial; la segunda sería el acoplamiento de varios módulos y; la tercera, una combinación entre ambas. Estas tres alternativas se presentarán en los epígrafes “Síntesis del proyecto” y “Definición técnica”.

2.7 Condicionantes y restricciones del promotor

Los promotores de este proyecto son la NASA (Estados Unidos), la Agencia Espacial Federal Rusa (Rusia), la Agencia Japonesa de Exploración Espacial (Japón), la Agencia Espacial Canadiense (Canadá) y la Agencia Espacial Europea (ESA). Son organismos públicos dependientes de las administraciones de los países ya citados.

Para este proyecto, la inversión económica no va a ser el mayor condicionante de la elección de la alternativa de producción. Esto es así debido a que los proyectos que se están llevando a cabo en la ISS relacionados con la investigación científica así como el coste de la estructura de la propia estación espacial son bastante mayores que la tasa de inversión prevista para nuestro proyecto.

La mano de obra de los trabajos que se realizarán en La Tierra será la necesaria para la elaboración de los equipos diseñados según la alternativa que se haya proyectado por lo que, en este caso, no tenemos límite presupuestario. La restricción de la misma se encuentra en la estación espacial donde serán los propios astronautas quienes se dediquen a la manipulación y conservación del material vegetal.

La consecución de las actividades relacionadas con mantenimiento de las condiciones para el crecimiento y desarrollo de los cultivos se realizará de forma sistematizada con un programa de control de atmosfera, irrigación y fertilización. Las actividades relacionadas con el aclareo, poda, recolección y demás actividades que requieran de mano de obra deberá realizarlas el personal de a bordo, sirviendo ello a la consecución de la vida en el espacio requerido en el proyecto.

El desarrollo de tecnologías de agricultura en plataformas espaciales requiere, aparte del diseño y fabricación del equipo, personal altamente cualificado para los procesos productivos y su mantenimiento.

Se dispondrá de la plantilla ya existente de ingenieros y el equipo de experimentación a bordo de la Estación Espacial Internacional.

También se contará con la colaboración de distintos especialistas desde La Tierra en ámbitos como agricultura, genética, robótica, desarrollo de energías alternativas, gestión de residuos, etc.

Uno de los mayores problemas y a la vez retos a superar en este proyecto es la eficiencia de la alternativa escogida en función del espacio que ocupe. Debemos llegar a una solución que combine el mínimo espacio ocupado con la mayor producción de alimentos para abastecer a la estación espacial internacional. Es por ello que se están estudiando diferentes alternativas para aprovechar el espacio así como la implantación de un nuevo módulo.

2.8 Diagnóstico

Como se ha descrito en el apartado anterior, la NASA y la ESA son dos entes públicos por lo que en nuestro proyecto nos tenemos que centrar en la viabilidad técnica y social. En la viabilidad técnica por los riesgos que conlleva el conseguir un autoabastecimiento del cien por cien para largos períodos de estancia y viaje a través del espacio realizados por las estaciones espaciales y, viabilidad social puesto que se están realizando numerosos avances en la investigación de las plantas que de otra forma no se realizarían puesto que no serían una prioridad. En ambos casos, las tecnologías que se están desarrollando para la ISS son las que se implementarán en la sociedad en un futuro no muy lejano.

De la misma forma, hemos mencionado que la importancia de la viabilidad económica del proyecto es muy relativa puesto que, al no ser un condicionante, es importante también saber el coste de los equipos, técnicas y mano de obra empleada para poder tener una mayor conciencia de cómo se podrían implantar estas novedosas técnicas de producción en La Tierra. Entonces, el presupuesto que se va a invertir en el desarrollo de este proyecto no se puede dar debido a que las técnicas de montaje y fabricación de los equipos no están descritas y, por lo tanto, sin un precio establecido.

3. Síntesis del proyecto

3.1 Tamaño

Actualmente la ISS tiene una capacidad para 6 astronautas por lo que lo lógico sería realizar un dimensionamiento de la producción vegetal para abastecer a 6 individuos. Desde la puesta en órbita de la ISS en 1998, en la que estaba habitada por un continuo de dos astronautas, se ha ido incrementando la población a medida que se ha seguido construyendo la ISS. Necesitamos realizar un análisis acerca del número de astronautas que se van a ubicar en la ISS en los



próximos años para realizar el dimensionamiento del espacio. De todas formas, hay diversos factores a tener en cuenta. Uno de ellos es la evolución de la investigación científica mostrando al mundo nuevas y eficientes tecnologías. El segundo aspecto a tener en cuenta es el creciente interés de la población en viajar al espacio, es decir, lo que se denomina como turismo espacial. Desde el año 2000 hasta la fecha han visitado la Estación Espacial Internacional seis turistas por lo que se tendrán en cuenta a la hora de realizar el dimensionamiento.

Se han ideado dos sistemas para establecer la población de vegetales en la ISS pero lo que ahora mismo no estamos en cuestión de solucionar es el tamaño con el que debemos contar ya que se realizará un análisis multicriterio para determinar qué variedades y qué número de las mismas nos convendría plantar para equilibrar una dieta espacial tal y como se describe en el epígrafe "Materias primas".

3.1.1 Sistema fijo

Con este sistema se pretende el establecimiento de un lugar fijo para la producción por lo que se utiliza un dimensionamiento según análisis matemáticos de la población de la ISS en un futuro cercano.

Tabla 1. Evolución del número de tripulantes en la ISS. Fuente: ESA (www.esa.int)

Año	Tripulación
2000	2
2002	3
2009	6

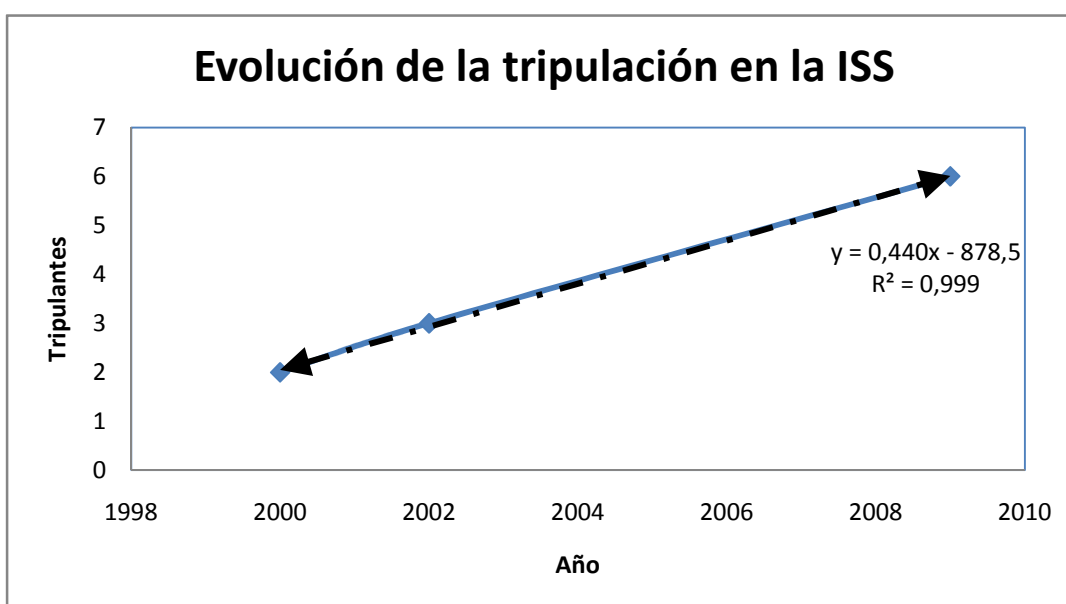


Ilustración 1. Gráfica de la evolución de la tripulación de la ISS con presentación de la ecuación de la línea de tendencia. Fuente: elaboración propia.

En la tabla 1 se puede apreciar cómo ha evolucionado la tripulación permanente de la ISS desde su establecimiento. En la gráfica 1 se muestra la tendencia evolutiva así como la ecuación de la línea de regresión que usaremos para determinar el número de tripulantes que habrá en la ISS cuando se decida cambiar la tecnología propuesta en este proyecto por las circunstancias expuestas anteriormente.

Tabla 2. Llegada de turistas espaciales a la ISS. Fuente: NASA (www.nasa.gov)

Año	Turistas Espaciales	Duración (días)
2001	1	36
2002	1	8
2005	1	10
2006	1	28
2007	1	14
2009	1	13

La tabla 2 nos muestra las visitas de los turistas espaciales en número y fecha en que se realizó por lo que realizando la media de todas las visitas podríamos obtener una estimación de cada cuanto tiempo hay un nuevo visitante en la ISS. En total han sido seis los turistas espaciales que han optado por pagar la cifra de 20 millones de dólares como billete hacia el espacio.

$$\bar{x}_1 = \frac{\text{número de turistas}}{\text{número de años desde la primera visita}} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ turistas/año}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{\text{duración total}}{\text{número de turistas}} = \frac{36 + 8 + 10 + 28 + 14 + 13}{6} = \frac{109}{6} \approx 19 \text{ días/turista}$$

Como conclusión y, según el análisis matemático que se ha llevado a cabo hemos llegado a la conclusión de que la ISS es visitada por 0,6 turistas espaciales por cada año con una duración media de 19 días por cada turista. Se prevé que esta tasa aumente significativamente durante los años venideros por lo que hemos decidido tomar un factor de dimensionamiento 5 para el número de turistas espaciales para el año 2025. Las consideraciones para el conjunto de los turistas que hayan viajado a la Estación Espacial Internacional ya que cada vez se está poniendo más de moda el turismo espacial. Por esta razón hemos escogido aplicar un factor de dimensionamiento tan amplio. Además, la tripulación permanente aumenta según la ecuación $y = 0,440x - 878,5$ donde el número de tripulantes es representado por la incógnita "y", y el año en el que nos encontramos por la incógnita "x".

Hemos establecido el año 2025 como fecha tope para la inclusión de una nueva tecnología de producción en la ISS.

$$y = 0.440 (2025) - 878,5 = 12.5 \text{ tripulantes} \times 1.25 \approx 16 \text{ tripulantes}$$

$$\text{Duración de los turistas en 2025} = 0.6 \frac{\text{turistas}}{\text{año}} \times 19 \frac{\text{días}}{\text{turista}} \times 5 = 57 \text{ días}$$



A la vista de los resultados obtenidos para las consideraciones en el año 2025 tenemos que habrá una tripulación aproximada de 13 tripulantes. El factor de dimensionamiento escogido para el número de tripulantes permanentes en la ISS para el año 2025 ha sido de 1.25 resultando un número de 16 tripulantes. Los días extra que habrá que tener en cuenta para el dimensionamiento debido a la presencia de los turistas espaciales serán 57.

Se quiere realizar la traducción del número de tripulantes y el conjunto de días expedidos por el total de turistas espaciales en un continuo de días en los que habría que alimentar a una persona, es decir:

Días de alimento para una persona

$$= 16 \text{ tripulantes} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} + 57 \frac{\text{días}}{\text{turistas espaciales}} = 5897 \text{ días}$$

$$\approx 5900 \text{ días/humano.}$$

Según el *Foods Systems Engineering Facility*, perteneciente a la NASA en el denominado *Johnson Space Center en Houston, Texas*, cada astronauta come 1kg de comida diaria. Por lo que el sistema que se diseñe deberá cumplir con la producción de 5.900 kg para el año 2025.

Con este tipo de dimensionamiento se tendría bastante incertidumbre a la hora de acertar en las predicciones así como una fuerte restricción si la demanda de turistas espaciales aumenta más de lo planteado o los avances científicos hacen posible un aumento de la tripulación permanente en un valor mayor al calculado anteriormente.

Por otra parte, este sistema sería el que mejor gestionaría el espacio ya que se dimensionaría en función de la estimación de la demanda para el año 2025 por lo que se podría optimizar el número de dispositivos de riego, dispositivos frigoríficos, conducciones, etc.

3.1.2 Sistema variable

El sistema de producción de plantas ideado como "Sistema variable" gira en torno a la aplicación de diferentes módulos que se irían acoplado según la demanda a tiempo real de la Estación Espacial Internacional. Estos módulos constituirían un sistema cerrado de producción, es decir, cada módulo sería autosuficiente ya que constaría con todos los elementos necesarios para ello: sistema de riego, cámara frigorífica, sensores de crecimiento, etc.

Esta alternativa sería la más acertada si no queremos arriesgarnos con los análisis matemáticos propuestos anteriormente pero, por el contrario, conllevaría un mayor espacio de instalación ya que según se fuesen aplicando los módulos tendríamos los elementos de un sistema repetido tantas veces como módulos haya pero en pequeña escala. Por tanto, esta opción sería menos eficiente en cuanto a espacio utilizado. De todas formas, la alternativa planteada anteriormente tampoco ofrece datos fiables acerca del número de tripulantes y turistas que habrá en la ISS para el año 2025.

Por las razones que se han expuesto, la alternativa que se va a escoger para la realización del proyecto es el sistema de módulos acoplables.



3.2 Localización

En primer lugar se localizará un módulo destinado a la agricultura en la Estación Espacial Internacional, con vistas a una posible implantación de este sistema en otras estaciones espaciales tras la verificación del correcto funcionamiento de este proyecto.

La Estación Espacial está situada en órbita alrededor de La Tierra a una altitud de aproximadamente 360 kilómetros, un tipo de órbita terrestre baja. La altura real varía en un cierto plazo de varios kilómetros debido a la fricción atmosférica y a las repentinas propulsiones. Realiza una órbita alrededor de La Tierra en un período de cerca de 92 minutos.

La localización del cultivo debe de estar lo más próxima posible al nodo 3 (Tranquility) puesto que contiene un sistema de apoyo vital avanzado para reciclar las aguas residuales de la tripulación y generar oxígeno para que la tripulación respire.

Se trata de que el nodo 3 y nuestro nuevo módulo se compenetren de modo que gestionen y utilicen el agua y el oxígeno de manera sostenible.

Por otra parte el nodo 3 proporciona 4 lugares de atraque, por lo que la zona de cultivo estará próxima al transporte, facilitando su carga para aprovisionamiento en viajes.

El módulo se situará en las inmediaciones de la plataforma de manera anexa para evitar la utilización de la escasa superficie de la plataforma espacial, de manera que aumentará su superficie y dimensiones

Actualmente el volumen de área habitable es de 373 m³ por lo que el terreno es un bien escaso y de un gran valor económico.

El Nodo 1 llamado Unity que sirve para conectar las áreas de alojamiento y trabajo de la agencia espacial internacional se alargara de manera que conecte el modulo nuevo al entramado ya existente.

4. Definición técnica

4.1 Materias primas

4.1.1 Material vegetal

El material vegetal ha sido seleccionado según una serie de criterios:

1. Debe poseer pocas partes no comestibles.
2. Ciclo de producción corto para que en caso de problemas se pueda reemplazar obteniendo producciones cercanas en el tiempo.
3. Necesidades hídricas mínimas para producir un kg de alimento.

4. Máxima eficiencia en el uso del CO₂ aplicado.
5. Selección de variedades con aporte de proteínas, lípidos, hidratos de carbono, fibra, vitaminas y minerales.

Surge una gran problemática a la hora de escoger las variedades aún teniendo claros los principios por los cuales nos vamos a regir por lo que se diseñaría un proyecto de mejora genética de las variedades orientado a optimizar la dieta del astronauta.

Cabe mencionar que una persona no puede alimentarse única y exclusivamente de frutas y hortalizas ya que no aportan el cien por cien de los requerimientos nutricionales diarios. Esta es la razón por la que se quiere implementar un programa de mejora genética para obtener variedades con mayores producciones y orientadas a cubrir el espectro nutricional de los tripulantes.

Debido a la gran dificultad de elección del material vegetal con respecto a la cantidad de condicionantes ya citados se cita una relación de especies en el Anexo I. Tras la realización de un análisis multicriterio en el que tomemos en cuenta los criterios anteriores se escogerá qué especies y en qué cantidad deben cultivarse en la ISS. Para ello se presenta dicho análisis en el Anexo II.

Se ha pensado en trasladar hacia la ISS un reservorio genético de cada especie, es decir, para la obtención de frutas y hortalizas en la mayoría de las especies propuestas no es necesaria la polinización de las flores ya que son unas son bulbosas, otras de hojas comestibles, etc. Sin embargo, para la producción de semillas sí que es de vital importancia que haya polinización. Por tanto, para evitar los efectos de la deriva genética provocada por la continuidad de entrecruzamientos sucesivos entre plantas dando lugar a una población poco vigorosa se ha planteado el reservorio genético. Este reservorio contaría con una dotación de varios ejemplares de cada especie vegetal con los que se irían entrecruzando según el programa de mejora vegetal que se desarrolle posteriormente para ir introduciendo genes en la población que se puedan perder debido a la gran presión de selección que se hace en las plantas a la hora de escoger aquellas con las que polinizar debido a su vigor híbrido.

4.1.2 Otras materias primas

Los residuos tras su preparación son reutilizados y se utilizan como fuentes de materias primas, pero no son la única fuente de energía e insumos que se requerirá en este proyecto puesto que pueden resultar escasos. También hay que tener en cuenta los recursos de los que consta la Estación Espacial. La reutilización y gestión de residuos se verá en el próximo epígrafe.

La mayor parte del oxígeno de la estación viene de un proceso llamado electrolisis y utiliza la electricidad de los paneles solares para dividir el agua en O₂ y N₂.

Cada molécula de agua contiene dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. El paso de una corriente a través del agua hace que estos átomos puedan separarse y recombinar el hidrógeno gaseoso y oxígeno. El hidrógeno lo usarán las plantas para la fabricación de azúcar.



El hidrógeno sobrante de la división y si su uso por las plantas se libera al espacio y se ventila y gracias al espacio entre los bastidores de hardware ECLSS reproducido por los ingenieros de la NASA pasa una máquina que combina el hidrógeno con el dióxido de carbono en exceso del aire en una reacción química que produce el agua y el metano. El agua puede ayudar a reemplazar el agua utilizada para el oxígeno y el metano se usa como energía.

Este metano se suele usar en la expulsión que ayuda a proporcionar el empuje necesario a la plataforma para mantenerla en el espacio.

La ISS también tiene grandes tanques de oxígeno comprimido montando en la parte exterior del módulo (nodo 3), estos tanques han sido la principal fuente de oxígeno para sostener la vida en la Estación, con nuestro proyecto además tendremos el material vegetal como fuente de oxígeno.

El dióxido de carbono sobrante de las plantas e incluso la Estación en general, es removido por una máquina en el Módulo de Servicio Zvezda sobre la base de un material llamado Zeolita que actúa como un tamiz molecular.

En la siguiente ilustración se puede apreciar cuál es el sistema de reutilización y gestión del agua que se está usando en la ISS. Con este sistema de recuperación del agua de la orina, del agua proveniente de la higiene corporal, del aumento de humedad relativa, de la combustión de fuel se obtiene un 93% de reutilización de agua. Con la integración de la vida vegetal se espera que con los nuevos sistemas de reutilización y gestión de residuos se pueda aumentar esta eficiencia.

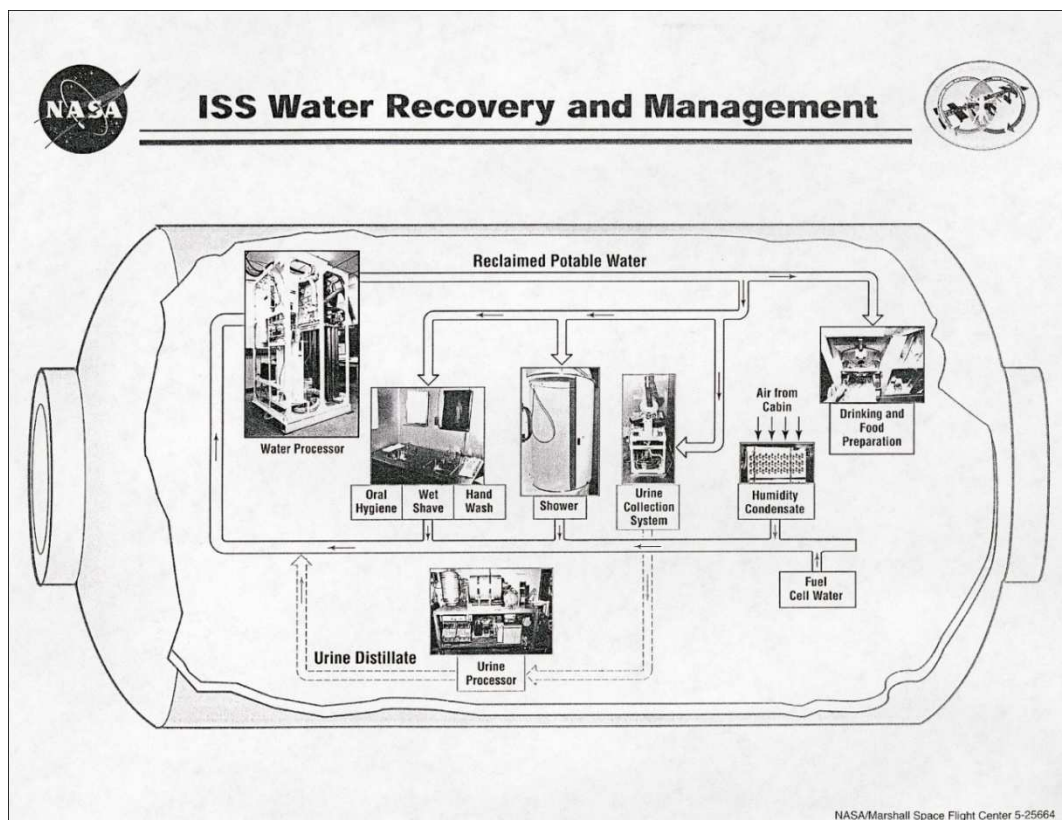


Ilustración 2. Recuperación y gestión del agua en la ISS. Fuente: NASA (www.nasa.gov)

4.2 Tecnología

A la vista de las consideraciones anteriores y debido a que la alternativa escogida para el sistema de producción de plantas en la ISS ha sido la de la aplicación de módulos independientes con un autoabastecimiento del cien por cien hemos decidido realizar el dimensionamiento del mismo. Este hipotético módulo espacial tendría una capacidad para alimentar a diez personas por lo que en lo referente vamos a realizar el dimensionamiento para que el módulo tenga una producción de $3.650 \text{ kg y año}^{-1}$, es decir, a razón de 1 kg de alimento por cada astronauta durante cada día. Más adelante comprobaremos que la solución adoptada es la de realizar el módulo con unas dimensiones tales que sea capaz de autoabastecer a la tripulación actual, es decir, 6 astronautas.

Influye de sobremanera la opción arrojada por los análisis multicriterio tanto para la elección del material vegetal a implantar como los porcentajes de cada uno de ellos frente a la producción final diseñada.

Inicialmente, las alternativas propuestas para el diseño del módulo fueron:

1. Módulo rectangular con pasillo central. Este tipo de módulo sería el que a priori utilizaríamos en La Tierra por las condiciones de gravedad que aquí tenemos pero, en condiciones casi de ingravidez como las que se tienen en la ISS no es el más recomendado puesto que cada esquina del módulo sería un espacio muerto y sin poder ser aprovechado. Esto ocurre debido a que el sistema escogido para albergar los cultivos así lo ha determinado. El sistema de cultivo se expondrá más adelante.
2. Módulo de forma cilíndrica con pasillo central. Llegamos a la conclusión de que un módulo de estructura cilíndrica sería el más apropiado incluso para el transporte hacia la estación espacial. Hemos desechado escoger el módulo de forma cilíndrica con pasillo central, es decir, con un pasillo apaisado por las dificultades que entrañaría el manejo de las plantas en el “techo” del mismo.
3. Módulo de forma cilíndrica con pasillo vertical. Según se puede observar en la ilustración 2 el módulo escogido sería el más eficiente en cuanto a optimización del espacio y a la facilidad del manejo de las plantas. Se dispone un pasillo vertical por el que los astronautas se moverán en función del cultivo al que se dirijan. El módulo tiene también pasillos de movimiento lateral tal y como muestra la ilustración 3.

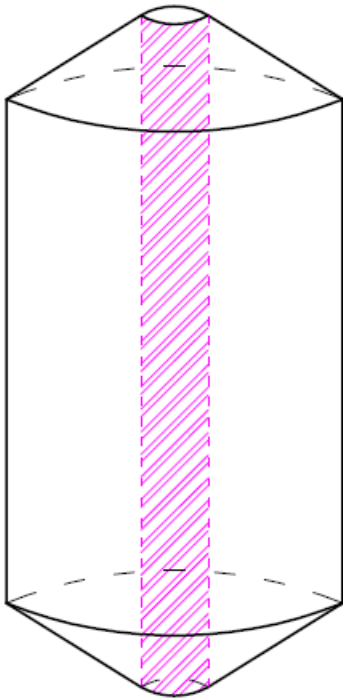


Ilustración 4. Módulo cilíndrico con pasillo vertical. En color magenta se puede observar el pasillo vertical por el que transcurrirán los astronautas. Fuente: elaboración propia.

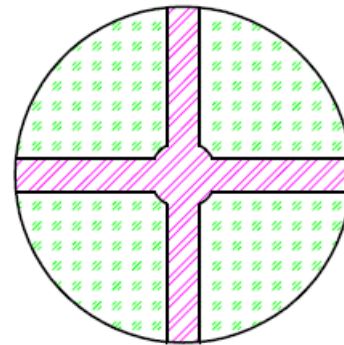


Ilustración 3. Vista del corte transversal del módulo. En color magenta se puede apreciar en el centro el pasillo vertical y alrededor los pasillos laterales. En color verde estaría señalado el hipotético lugar donde se ubicarían las cámaras de cultivo. Fuente: elaboración propia.

La siguiente cuestión que se nos ha planteado es que cómo haríamos para facilitar el manejo de las plantas y cómo sujetar a los astronautas para que puedan realizar las labores de forma cuidadosa. Pues bien, las alternativas contempladas fueron las siguientes:

1. Plataforma elevadora con brazo hidráulico y arnés de sujeción. Para implantar esta alternativa hemos tenido grandes dificultades de espacio dentro del mismo módulo así que se ha desechado. Los problemas venían en la dirección de acoplar el sistema hidráulico con un sistema de entrada al módulo que hacía inviable esta alternativa.
2. Al estar en un cierto grado de ingravidez, los astronautas se podrían valer por si solos para llegar a cualquier altura dentro del módulo por lo que se plantea una alternativa en la que no haya sistemas de elevación ni sujeción. Esta alternativa ha sido rechazada debido a que los astronautas deben realizar el manejo de las plantas de forma segura para ellos y para las plantas por lo que un sistema sin sujeciones no sería el más viable ya que podría originar choques y roturas de las cámaras de cultivo.
3. Sujeción con arneses. Es la alternativa propuesta ya que permitiría a los astronautas realizar las distintas labores que los cultivos requieren con mayor facilidad al evitarse los balanceos.

Una vez establecidas zonas de paso de los astronautas debemos escoger la solución óptima para establecer los cultivos y las distintas zonas que deberá tener el módulo de acuerdo con la estructura propuesta para el mismo. Las distintas zonas que deberá albergar el módulo (descritas posteriormente) se dispondrán de forma estratificada a lo largo de su altura de tal forma que cada especie seleccionada de un cultivo en cuestión se sitúe en uno o varios estratos. Habrá estratos en los que no habrá cultivos por lo que en ellos se albergaran los distintos equipos necesarios para la manutención de los cultivos.

Cada uno de los módulos que se diseñen deberá contemplar las siguientes instalaciones:

1. Cámara frigorífica. Habrá una cámara frigorífica con atmósfera controlada de diferentes compartimentos para almacenar los productos recolectados. Se ha propuesto la elección de una cámara frigorífica de almacenamiento para no escalonar en demasía la producción de frutas y hortalizas así como para poder tener un repertorio de alimento en cualquier momento.
2. Cámaras de cultivo. Las alternativas barajadas fueron la colocación de pequeños invernaderos, cultivo en una gran cámara (propuesta para el sistema fijo visto anteriormente) y la colocación de pequeñas cámaras de cultivo adaptadas a las necesidades de fotoperiodo y termoperíodo de cada una de las especies cultivadas. La solución escogida, como el propio título indica han sido las cámaras de cultivo. Son un receptáculo diseñado para permitir el control de algunas variables del ambiente físico. Habitualmente se pueden controlar la temperatura, la iluminación y el fotoperiodo y, en algunos casos, menos frecuentes, la humedad del aire y su composición. Para este proyecto se van a escoger las cámaras de cultivo que nos permitan parametrizar todas las condiciones físico-ambientales descritas.
3. Sistema de riego. Para adoptar una solución las técnicas de riego existentes hoy día sin la sustentación del suelo son: cultivo en sustrato, cultivo hidropónico y cultivo aeropónico.
 - a. Cultivo en sustrato. Esta técnica de cultivar las plantas es la más económica y consiste en la disposición de las plantas en un medio de sustentación similar al que tenemos en el planeta Tierra. La composición de este sustrato es muy variada y, entre otros, destaca la utilización de lana de roca, vermiculita, perlita, turba y fibra de coco. Con la utilización de este sistema tendríamos problemas con el hidrotropismo de las plantas por lo que para reducir estos efectos deberíamos seleccionar la granulometría exacta de cada uno de los componentes del sustrato para que el agua ascendiese hasta las raíces por capilaridad. Denominamos hidrotropismo al crecimiento direccional de las raíces de las plantas con relación a la disponibilidad de agua. Esta opción se rechazó desde un primer momento.
 - b. Cultivo hidropónico. Entendido como un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en vez de suelo agrícola. El material de soporte ha sido objeto de numerosos estudios a lo largo de los años pero según un informe recientemente publicado por la NASA el material de soporte que mejor soporta las condiciones de la ISS es el poliestireno expandido (EPS). En un principio se barajó la



posibilidad de crear un ambiente de gravedad en el módulo mediante la rotación del mismo en el que la fuerza centrípeta haría gravitar a los elementos que en él se ubicasen. Esta opción se rechazó rápidamente debida a la dificultad que entonces entrañaría para los astronautas el manejo de las plantas que se situasen en la parte del techo, además de que esta opción solamente sería viable en las condiciones descritas para el módulo cilíndrico con pasillo horizontal. En este tipo de manejo del cultivo la disponibilidad de oxígeno es esencial ya que la solución nutritiva no nos permite el aporte de oxígeno como sí ocurre en el suelo o sustrato a través del almacenado en los poros.

- c. Cultivo aeropónico. Este sistema establece las bases por las cuales la planta no necesariamente necesita estar en contacto permanente con la solución nutritiva. En este caso mejoraríamos de manera muy eficiente el aporte de oxígeno. El sistema contemplaría una serie de microaspersores en la zona radicular que de manera periódica irían rociando la superficie de las raíces de las plantas con la solución nutritiva. La alta humedad relativa que este tipo de sistema generaría se vería reducida debido al sistema de plantación que se ha ideado en el que las raíces y la parte aérea estarían compartimentadas, es decir, el espacio que cubre la zona radical estaría separado por un material impermeable (film de plástico) de la parte superior con una cerradura ajustada a la base del tallo. Un exceso de humedad relativa haría disminuir el rendimiento de las plantas debido a que se cerrarían sus estomas por la alta transpiración. Una humedad relativa elevada no afectaría a la zona radicular ya que en las células de la misma no se produce el proceso de fotosíntesis y, por tanto, no sería una restricción. Por estas razones, la alternativa de producción en aeroponía ha sido la escogida.
4. Sistema de climatización.
- a. Iluminación. Cada una de las cámaras de cultivo estará provista de lámparas de hidrógeno, uno de los compuestos más abundantes del universo. Este tipo de lámparas estarían diseñadas para emitir en el arco de longitudes de onda fotosintéticamente activas (PAR). En concreto, la producción de estas lámparas estaría orientada a crear un modelo que emitiese en valores cercanos al azul (400-500nm) y al rojo (600-700nm) tal y como se puede observar en la ilustración 4. La concentración de lámparas de hidrógeno permitirá aportar una radiación mayor a 150 Wm^{-2} . Esta cantidad de radiación es la mínima necesaria para el desarrollo de las plantas por lo que siempre estaremos por encima de este valor.

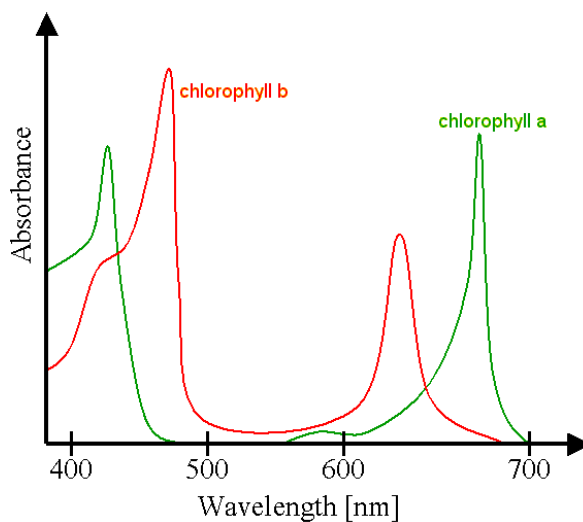


Ilustración 5. Picos de absorción máxima de la clorofila. Fuente: www.wikipedia.org

- b. CO₂. Las cámaras de cultivo nos permiten también establecer concentraciones óptimas de dióxido de carbono para cada una de las etapas fisiológicas de los cultivos. El CO₂ que se inyecte provendrá de las exhalaciones que realicen los astronautas como medida de purificación del aire ambiente de la ISS. Asimismo, el oxígeno producido por las plantas en la fase luminosa de la fotosíntesis se empleará para purificar el aire de las zonas habitables de la estación espacial. La concentración que apliquemos de dióxido de carbono está muy establecida con respecto a otros parámetros como la iluminación o la temperatura por lo que debemos tener los tres valores bastante bien estudiados para no disminuir las eficiencias de producción, ilustración 5.

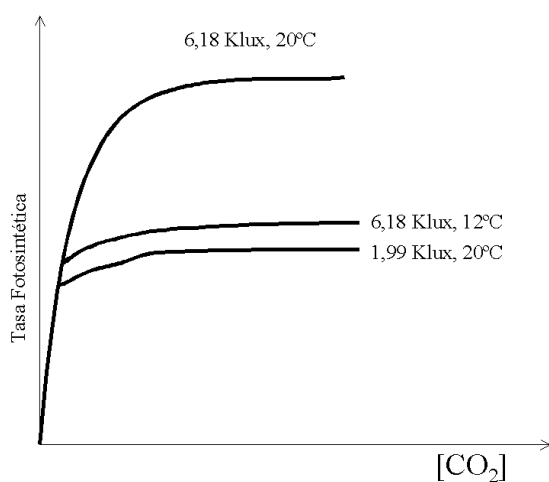


Ilustración 6. Variación de la tasa fotosintética en función de la concentración de dióxido de carbono y la cantidad de radiación. Fuente: Departamento de Fisiología Vegetal de la Universidad de Oviedo.

- c. Temperatura. Las cámaras de cultivo permiten programar una temperatura en función de las necesidades del cultivo así como la realización de programas de termoperiodismo para las especies que lo necesiten.
 - d. Humedad relativa. El control de la humedad es vital para obtener una eficiencia máxima de tasa fotosintética por lo que las cámaras de cultivo dispondrán de sistemas humidificadores para controlar una humedad relativa óptima en función de la fase del cultivo. El exceso de humedad relativa se aprovecharía para la recuperación de agua mediante equipos condensadores.
5. Sistema de bombeo. El sistema de bombeo estará constituido por una bomba y el sistema de circulación (tuberías) y una serie de electroválvulas que controlarían la apertura y cierre del circuito hacia las distintas cámaras de cultivo en función de las necesidades hidrológicas y nutricionales de las plantas en ellas ubicadas. El sistema de bombeo se situará en el estrato inferior del módulo debido a que si se produjese alguna rotura sería fácilmente visible ya que sería un estrato de paso obligado para los astronautas.
 6. Lugar para la manipulación del material vegetal. El módulo está diseñado de tal manera que el material vegetal se pueda modificar desde cada uno de los estratos mediante la apertura de la compuerta que mantiene sellada a cada una de las cámaras de cultivo pero, se habilitará un lugar en el estrato inmediatamente superior al del sistema de bombeo para facilitar las labores de manejo del material a la hora de poder plantar las semillas, realizar labores de recogida de fruta o simplemente para albergar el los utensilios necesarios para la realización de las tareas oportunas.
 7. Sistema de gestión de residuos. Se verá en profundidad más adelante.
 8. Almacenamiento de semilla. Habrá una cámara frigorífica acondicionada para mantener en condiciones óptimas de temperatura y humedad las semillas que aun no se van a plantar. Este equipo se situará junto a la cámara frigorífica, en el tercer estrato o estrato superior al definido para albergar un espacio diáfano destinado a las labores y a la ubicación de utensilios. Es de vital importancia que tanto el lugar en el que se produce el envasado de las frutas, hortalizas y semillas esté lo más próximo a las cámaras de cultivo.
 9. Material vegetal. Se verá en profundidad en el siguiente epígrafe.
 10. Equipo de limpieza. En espacios cerrados como la estación Estación Espacial, los microorganismos no solamente pueden presentar un riesgo para la salud, también pueden atacar equipos electrónicos, causando corrosión. Asimismo los hongos pueden ensuciar el aire y los filtros de agua.

La ISS apuesta por el Control Integrado de Plagas priorizando las tareas de prevención e implementando los procedimientos más adecuados mediante el programa de control propio PC-MIA (*Procedimiento de Control con el Mínimo Impacto Ambiental*). Este programa consiste en estudiar en estudiar las situaciones y factores que pueden favorecer la proliferación de una plaga, el análisis de las características de dicha plaga (ciclo



biológico, comportamiento, etc.) y la aplicación de las medidas y técnicas más adecuadas para controlarla, siempre cumpliendo con los requisitos del sistema APPCC.

Se va a usar un sistema de limpieza desarrollado por la NASA que consiste en dispositivo similar al Tricorder (computadora portátil), llamado LOCAD-PTS, el cual puede seguir el rastro de bacterias y hongos microscópicos. Esto ayuda a los astronautas a cumplir sus labores de mantenimiento.

El LOCAD trabaja usando enzimas obtenidas del sistema inmunitario de un cangrejo cacerola. Los astronautas pasan un hisopo de alta tecnología por una superficie, insertan una muestra en el dispositivo LOCAD y la química hace el resto. En menos de 15 minutos, el sistema de pruebas del LOCAD le dice a la tripulación si tiene que limpiar.

El sistema Manipulador Remoto o Canadarm. Desarrollado por Canadá permite imitar la mayoría de los moviéndooos de un brazo humano y podría ayudar a las actividades de limpieza en los habitáculos diseñados para cultivos.

Se podría usar algún sistema de limpieza similar a los de La Tierra, pero se prefiere usar la tecnología ya existente en la ISS para limpieza, debido a las peculiares características del medio. Por otra parte cuanto más uso presente la tecnología antes es amortizada puesto que se saca más partido.

Por otra parte no hay que olvidar que los microorganismos crecen a gran velocidad en el espacio y que crean formas de resistencia, por lo que la solución antiséptica debe de ser lo suficiente efectiva.

Las tareas domésticas incluirán fregar regularmente las superficies, con un paño con una solución antiséptica.

La solución antiséptica podría utilizarse de forma yodada puesto que ya es de uso común en el espacio en el tratamiento de aguas y da buenos resultados.

Los astronautas limpian las superficies de la estación espacial con un hisopo.

4.3 Residuos

4.3.1 Reutilización de residuos

Racionamiento y reciclaje son una parte esencial de la vida diaria en la ISS. En órbita, natural de La Tierra, donde el sistema de soporte vital no se encuentra. En la Estación Espacial se tiene que proporcionar abundante energía, agua potable y aire respirable a la temperatura adecuada y la humedad durante 24 horas al día, 7 días a la semana, por tiempo indefinido.

Tenemos un montón de agua en la Estación Espacial puesto que el módulo Zarya está lleno de contenedores de agua de emergencia que fueron heredadas de un transbordador espacial durante las misiones de ensamblaje. Resulta inviable transportarla desde La Tierra lo que nos obliga a su reutilización.

El sistema de reciclaje actual de agua desarrollado en el MSFC reclama las aguas residuales de la orina, del lavado de mano, por condensación del aire y ahora también lo hará de las aguas residuales de la práctica de agricultura.

El primer paso es un filtro que elimina las partículas y residuos. Luego, el agua pasa a través de las multi-camas de filtración que contienen sustancias que eliminan las impurezas orgánicas e inorgánicas y, por último, el reactor de oxidación catalítica remueve los compuestos orgánicos volátiles y elimina las bacterias y los virus.

Para la reutilización de residuos sólidos de naturaleza orgánica se va a instalar un biorreactor. Es un proceso de fermentación anaeróbica y compostaje para su posterior utilización como abono de los cultivos en el que se separa una fracción sólida de otra líquida tras una pasteurización. Este equipo necesita microorganismos saprófitos, que secretan las enzimas que digieren la materia orgánica. Estos microorganismos tienen características comunes en cuanto a que no dependen de la luz y la fotosíntesis para mantenerse, pero son muy comunes los organismos del dominio eucariota.

En la última etapa de compostaje se produce biogás que va a ser utilizado en una caldera o motor para producir electricidad y calor y que en una unidad totalmente operativa se puede utilizar para ayudar a mantener el biorreactor a la temperatura correcta. Además la electricidad generada se usa para proporcionar energía, que puede ser utilizada en el establecimiento de una temperatura adecuada para los cultivos.

Las plantas consumen CO₂ y expulsan O₂ al ambiente. Este O₂ será extraído del ambiente del cultivo e incorporado a la instalación que se encarga de la adecuación de la atmosfera que requiere el hombre para su supervivencia como fuente de oxígeno requerida para la vida en la plataforma espacial.

Para minimizar aún más el compost, se está desarrollando una nueva técnica que se denomina "Té de compost" y que consiste en solubilizar el residuo compostado como si de una bolsa de té se tratase pasando entonces a tener un abono líquido que sería ideal para nuestro sistema.

El residuo resultante está sujeto a estudio pero la alternativa más viable puede ser la incineración para obtener energía y reducir su expresión al mínimo.

4.3.2 Sistema de gestión de residuos

El sistema de gestión de residuos no funciona de manera aislada. Está integrado en otros sistemas asociados con el control del medio ambiente y apoyo a la vida.

Al tratarse de un sistema bio-regenerativo en el que se establece una estrecha relación entre plantas, hombre y microorganismos, los desechos son tratados y reutilizados, de manera que se crea una simbiosis entre los organismos vivos mencionados.

A pesar del gran grado de aprovechamiento de los desechos, llega un punto en el cual es imposible reutilizar más sustancias y es entonces cuando se plantea el reto de la gestión de residuos.



En la Estación Espacial Internacional el aire necesita ser distribuido tras su filtrado en todo momento, de lo contrario se produce un estancamiento y la tripulación puede ser asfixiada. El polvo y las partículas se eliminan a través de filtros, que se limpian periódicamente. El muestreo de la calidad del aire se realiza periódicamente.

Los compuestos orgánicos con un mínimo de humedad en cuanto se enfrían son un peligro para la salud pues poseen una alta actividad biológica en el espacio y desarrollan microorganismos a un ritmo alarmante además de producir olores desagradables. Una solución sería el embolsado y sellado, pero podrían explotar por la acumulación de presión de gas. Además la acción biológica puede producir calor, y puede ser tan grande que origine una combustión. Por lo tanto se opta por un lavado, secado y exposición a rayos ultravioleta en el interior de un envase desechable, antes de proceder al empaquetado como basura inactiva.

Para eliminar los gases la basura se coloca en el sistema de aire acondicionado, donde son neutralizados.

El residuo del agua que no ha podido ser reutilizado y del cual ya no se pueden extraer más compuestos útiles es un residuo sólido que no se recicla con facilidad utilizando la tecnología actual. En una estación espacial las aguas residuales están muy concentradas en el sistema, y su vertido en la red una vez de vuelta en La Tierra es incluso descabellado.

Con el dióxido de carbono se produce un procesado a través del sistema de acondicionamiento de aire. El metano será utilizado como un medio de energía a partir de su combustión.

El lodo de las aguas residuales es un nutriente para las plantas, sin embargo, si se produjera más del que utilizarían las plantas debería ser embolsado, sellado y devuelto a La Tierra.

Una alternativa para la eliminación de los residuos es la incineración, pero esta sería la liberación de dióxido de carbono, que luego tendría que ser eliminado por otros medios, o tal vez usado para la respiración de las plantas extrayéndolo del resto de gases de combustión. Los que supondría un gran gasto de energía para una eficiencia relativamente baja, lo que hace que se haya rechazado la propuesta.

4.4 Diagrama del proceso de obtención de semillas

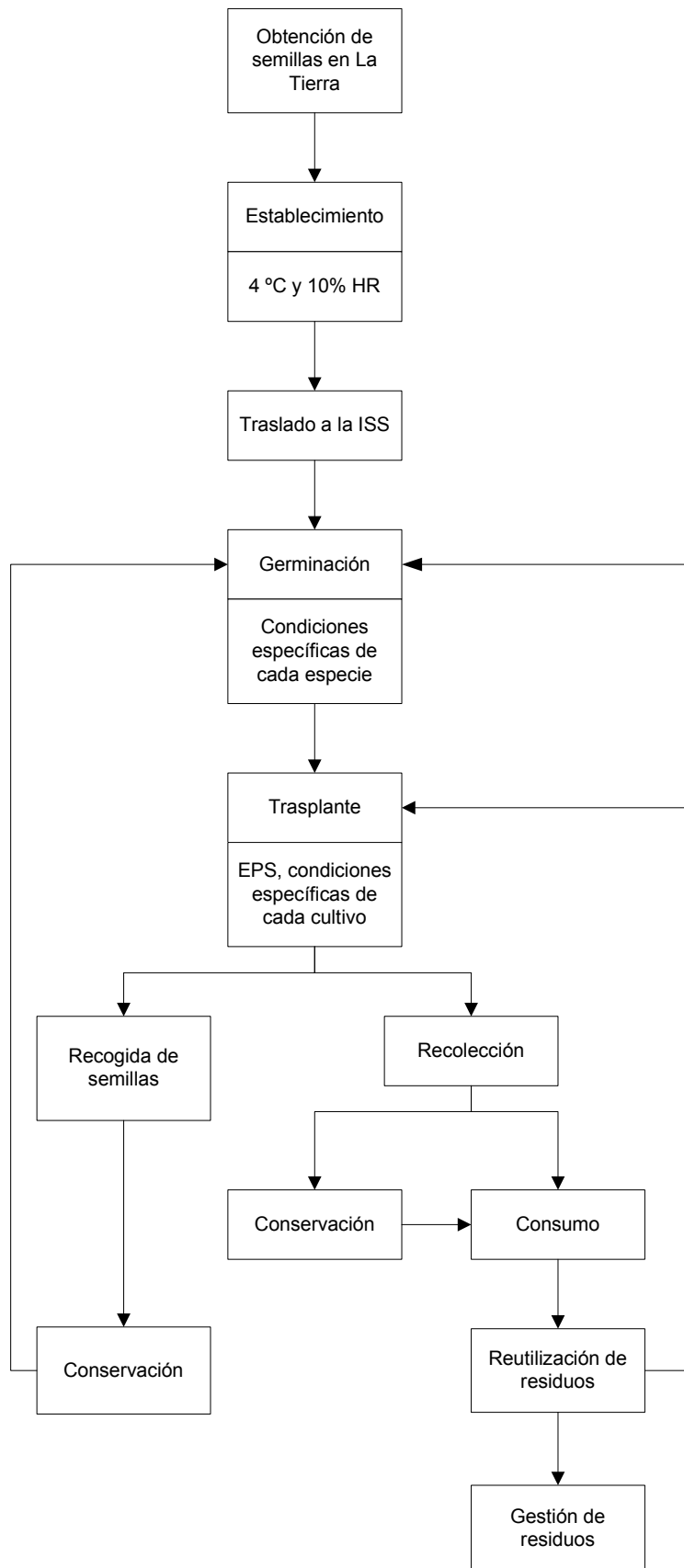


Ilustración 7. Diagrama del proceso de obtención de alimentos. Fuente: elaboración propia

En la ilustración del diagrama del proceso que se presenta en la página anterior podemos ver a grandes rasgos cuáles serían las etapas del manejo y obtención de frutas y hortalizas por parte de los habitantes de la ISS.

Es un diagrama sin detalles puesto que queda claro que en los cultivos intervendrán diferentes etapas del crecimiento con sus correspondientes flujos de aporte de nutrientes y CO₂ además de las labores que se realicen para optimizar la producción y alargar el ciclo de cultivo de las especies seleccionadas hasta un óptimo de producción para generar la menor cantidad de residuos y por tanto, menos cantidad a gestionar.

La elección de los parámetros citados así como del establecimiento de los diferentes cultivos según el estrato del módulo y su facilidad para la recolección se realizará mediante un análisis multicriterio ya que son muchas las condiciones a tener en cuenta. De momento, podemos afirmar cuales serán los procesos del diagrama pero aún no podemos establecer la forma en que se desarrollarán debido a las inclemencias ya citadas.

4.5 Factores condicionantes del sistema de producción

En cuanto al sistema de producción los principales condicionantes son aquellos que se derivan de las condiciones ambientales de la atmosfera extraterrestre, la escasez de recursos primarios, la dificultad de su utilización eficiente así como la ardua tarea de gestionar los residuos que derivan de la actividad humana en las Estaciones Espaciales.

Las necesidades nutricionales de la tripulación se calculan al detalle sin olvidar que la ausencia de gravedad dispara sus requerimientos de calcio a consecuencia de una paulatina debilitación de sus huesos.

En un invernadero en órbita, las plantas en caída libre no sienten las constantes fuerzas de atracción de la gravedad. Como resultado, el agua se distribuye en forma homogénea dentro del material que reemplaza la tierra alrededor de las raíces y esto hace que sea más difícil que el agua y el aire lleguen en cantidad suficiente a las raíces.

En un ambiente como el de la Estación en órbita, existe menos aire en circulación. Las plantas pueden sofocarse en su propio oxígeno “exhalado”.

La temperatura en la ISS, tampoco es adecuada por lo que se necesita equipos que regulen el clima, así teniendo en cuenta además de la temperatura el contenido en humedad relativa del ambiente.

Las concentraciones de gases de la atmosfera fuera de La Tierra no hace posible la presencia de vida sin actuar sobre la concentración de estos gases.

Por otra parte es importantísima la gestión de bienes de vital importancia para la vida como son el agua, el oxígeno el alimento que en La Tierra son de fácil acceso pero en la Estación Espacial hoy en día es un reto que hay que salvar diariamente.

El agua merece especial atención. A pesar que se puede trasladar desde La Tierra, esta opción es poco operativa debido a la cantidad necesaria y su peso.

La forma de obtención de energía también entra dentro de la problemática que existe en la Estación de escasez de recursos.

4.6 Instalaciones

Cuando la Space Shuttle (cohetes utilizados para llevar materiales a la ISS y, en nuestro caso, el módulo de cultivo de vegetales) entra en contacto con la atmósfera, a pesar de adoptar un ángulo agudo, las temperaturas a su alrededor son extraordinariamente elevadas. Para evitar que la nave espacial se queme y para proteger a las personas y los equipos que viajan dentro, la parte externa debe estar recubierta de un material que no se funda a estas temperaturas. Para este cometido, resulta idóneo el carbono: su punto de fusión se encuentra a 3.500° C.

Definido el material de cubierta, se implantarán en el interior de la nave las aleaciones de metales usadas en la ISS y en los demás cohetes que se usan para el aprovisionamiento con el objetivo de que la estructura sea lo más ligera posible. Esto es así debido a que la Space Shuttle no puede transportar más de 16 toneladas de material y pretendemos que el módulo se acople sin realizar luego operaciones de ampliación, es decir, llevar el módulo construido desde La Tierra con los componentes ya instalados a falta de la generación de la vida vegetal en las cámaras de cultivo que se realizarán una vez establecido el módulo en su puerto de atraque y después de verificar que tras el transporte los equipos en él ubicados funcionan de forma correcta.

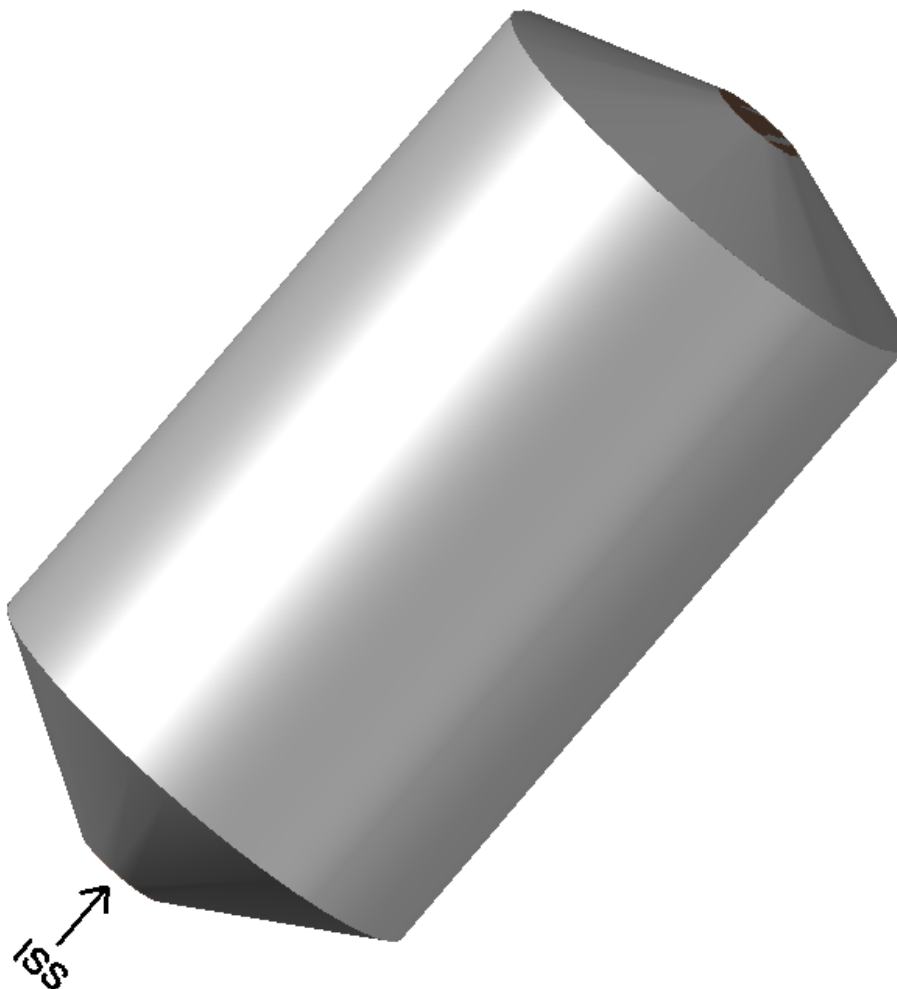


Ilustración 8. Representación tridimensional del módulo ideado. Fuente: elaboración propia

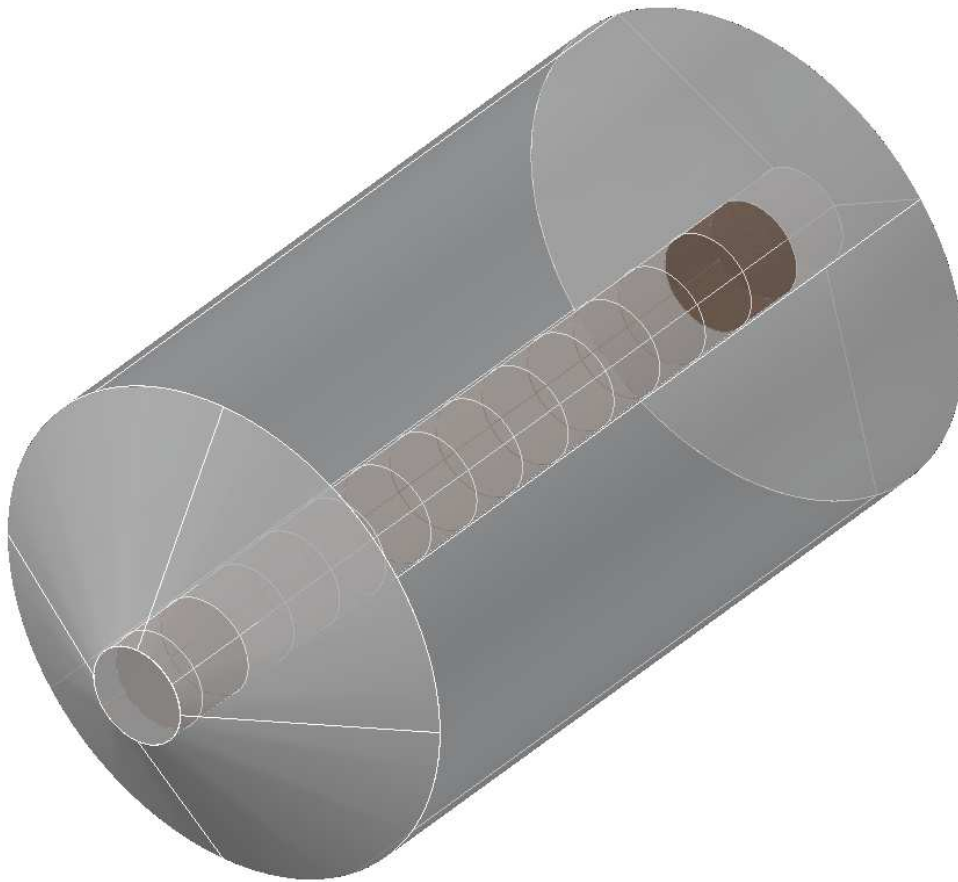


Ilustración 9. Representación tridimensional de la zona de paso principal a través del módulo y representación de los anillos concéntricos que simulan cada uno de los estratos propuestos. Fuente: elaboración propia.

4.7 Programación de actividades

Hemos decidido adoptar la solución de recolectar alimentos de forma semanal y su forma de conservación sería mediante cámaras frigoríficas.

Para iniciar el ciclo necesitamos llevar alimentos desde La Tierra en el momento del despegue del módulo. Mientras se plantan las semillas y se empieza a producir de una forma más o menos continua la tripulación de la Estación Espacial irá consumiendo el alimento traído desde La Tierra.

Una vez cerrado el ciclo de producción y, sabiendo que actualmente la ISS tiene seis tripulantes, es necesaria la producción de 2.190 kg de comida al año.

Teniendo en cuenta los porcentajes requeridos de cada alimento según la solución óptima conseguida mediante el análisis multicriterio (Anexo II) donde se considera un 25% para el arroz, trigo y soja respectivamente y un 6,75% para zanahoria, rábano, espinaca y lenteja.

De cada uno de los alimentos deberíamos producir al año las siguientes cantidades:

- 547.5 kg /año de arroz

- 547.5 kg / año de trigo
- 547.5 kg / año de soja
- 137 kg / año de espinacas
- 137 kg / año de zanahorias
- 137 kg / año de lentejas
- 137 kg / año de Rábano

Por tanto, necesitamos plantar un número de semillas equivalente a una producción semanal de 10,5 kg de arroz, trigo y soja y plantar un número equivalente de semillas de forma semanal para la producción de 2,5 kg de espinaca, zanahoria, rábano y lenteja.

5. Presupuesto

La inversión por parte de las agencias espaciales cooperantes en el proyecto de construcción de la Estación Espacial Internacional ha supuesto hasta el día de hoy alrededor de 20.000 millones de euros. Esto nos ratifica en nuestra decisión de obviar la viabilidad económica del proyecto pero no por ello desecharla.

Tal y como se explicó en los condicionantes, para fijar el precio de este tipo de tecnologías no tenemos referencias de mercado. Podemos establecer el precio de una cámara de cultivo ofertada en La Tierra, pero no una cámara de cultivo compuesta a base de aleaciones de materiales metálicos superligeros por lo que nuestro óptimo es simple y llanamente técnico.

No obstante, destinar un 1% de lo que se ha invertido en la ISS para alimentación a priori parece poco dinero pero cuando hablamos de 200 millones de euros el punto de vista cambia por lo que ese va a ser, de momento, nuestro tope económico, por encima del cual deberíamos volver a replantear el proyecto.

6. Financiación

Como ya se ha comentado anteriormente, la financiación de este proyecto la van a soportar las diferentes agencias espaciales que forman parte en la ISS. Estas agencias son la estadounidense, japonesa, canadiense, europea y rusa además de la brasileña mediante participaciones con la NASA (EEUU).

7. AT&Engen S.A.

7.1 Antecedentes

La empresa que vamos a constituir se va a llamar Agro Tech & Engineering S.A., cuyas siglas son AT&Engen S.A. y tenemos como lema de la empresa "Space Development".

La empresa será fundada por los alumnos que han desarrollado estos estudios previos. Raquel Sánchez Sánchez, Alejandro Catasús Martínez y Pablo Antonio Galindo Galindo.



Ilustración 10. Logotipo de la empresa. Fuente: elaboración propia.

Los orígenes se remontan al inicio de los estudios previos adjudicados al proyecto C.P.E.E.S.S. (Cultivo de Plantas en las Estaciones Espaciales). Esta empresa surge como una oficina de asistencia técnica y de elaboración de proyectos que trataría de conseguir convenios de colaboración con las distintas agencias aeroespaciales para ahondar en la investigación y desarrollo de los cultivos en el espacio. Es por esta razón que se ha elegido la sede física y fiscal de la empresa en Fuente Álamo ya que cuenta con el Parque Tecnológico al que están asociadas numerosas empresas líderes de varios sectores tecnológicos y que ofrece innumerables ventajas como las que se expondrán más adelante.

7.2 Localización

La empresa estará situada en el Parque Tecnológico de Fuente Álamo (PTFA). Se trata del primer Parque Tecnológico de la Región de Murcia, orientado a la implantación de empresas dedicadas a la investigación, al desarrollo y a la innovación científica y tecnológica, algunas de ellas de reconocido prestigio nacional e internacional como Siemens, Indra o Bel Composite.

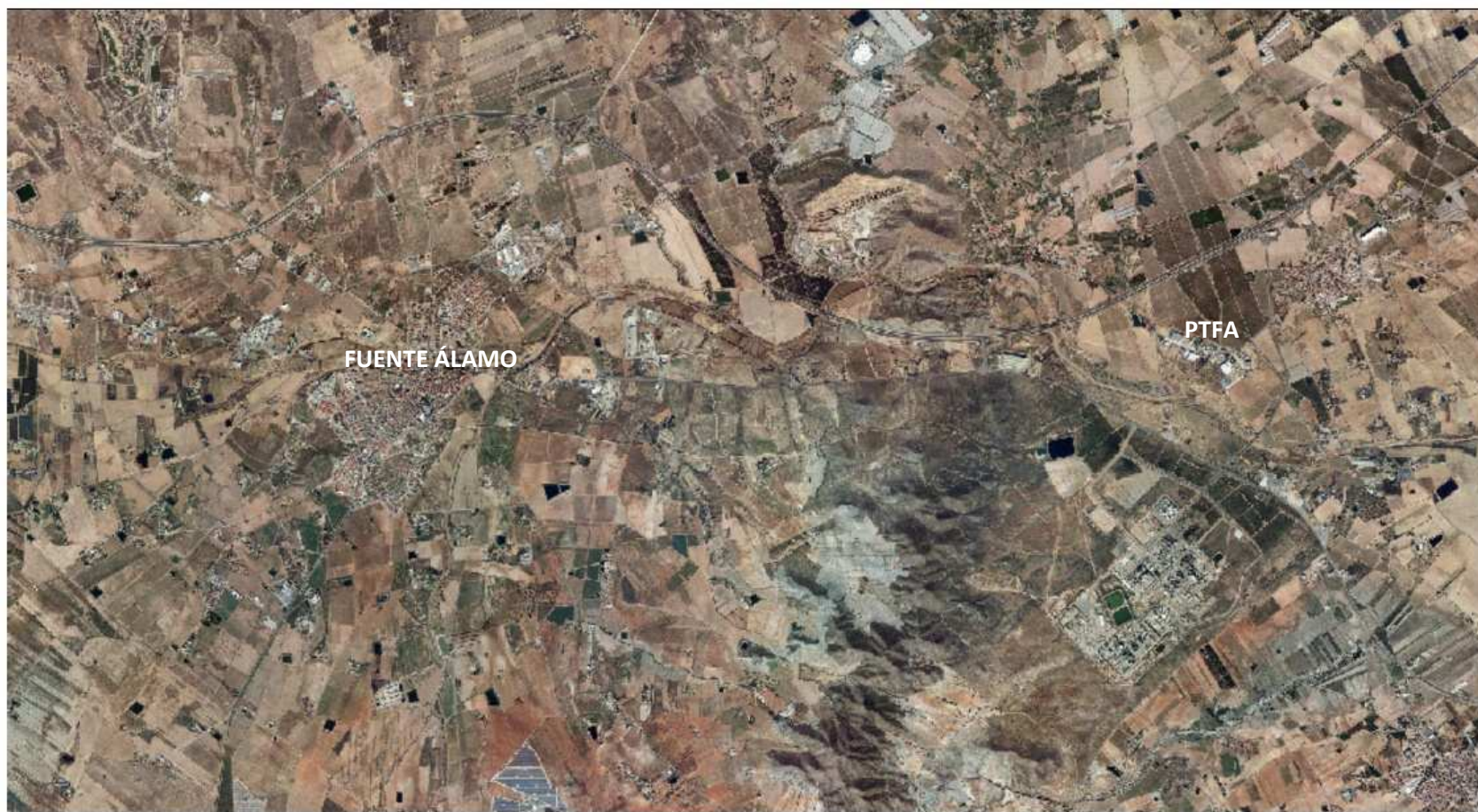
Cuenta con una superficie total de 80 hectáreas (desarrollada por fases) y destinada, principalmente, a los sectores de biotecnología, microelectrónica, plásticos industriales, mecánica de precisión, industria energética y medioambiental, industria aeronáutica e

industria naval. Una de las primeras empresas en instalarse en este recinto fue M. Torres, compañía líder dentro del sector aeronáutico.

Otra de las particularidades de este Parque empresarial son las infraestructuras de telecomunicaciones de las que dispone ya que incorporan fibra óptica de última generación y accesos inalámbricos a la red, no sólo con tecnología wireless, sino también vía satélite y radio.

Destaca también su estratégica ubicación al encontrarse situado próximo a las ciudades de Murcia y Cartagena y al nuevo aeropuerto internacional de la Región de Murcia.

El Parque Tecnológico de Fuente Álamo se encuentra en la Ctra. del Estrecho - Lobosillo, km, 2. 30320 - Fuente Álamo.



Información Cartográfica

sistema geodésico	ETRS89
sistema de representación	UTM Huso: 30
coordenadas mínimas	657708 - 4172944
coordenadas máximas	670368 - 4179704
escala	1: 50000

Este documento cartográfico ha sido extraído del dominio www.cartomur.com

la información es indicativa y carece de validez oficial. Se puede solicitar cartografía oficial en la Dirección General de referencia.

(RSS_ACM_PAG/pag)





Consejería de Obras Públicas
y Ordenación del Territorio.
Secretaría General.
Servicio de Cartografía.

Información Cartográfica

sistema geodésico	ETRS89.
sistema de representación	UTM_Huso: 30
coordenadas mínimas	667017 - 4175899
coordenadas máximas	668677 - 4178138
escala	1 : 10000

Este documento cartográfico ha sido extraído del dominio
www.cartomur.com

la información es indicativa y carece de validez oficial.
Se puede solicitar cartografía oficial en la Dirección General de referencia.





Información Cartográfica

sistema geodésico	ETRS89.
sistema de representación	UTM. Huso: 30
coordenadas mínimas	667516 - 4176310
coordenadas máximas	668346 - 4177430
escala	1 : 5000

Este documento cartográfico ha sido extraído del dominio www.cartomur.com

La información es indicativa y carece de validez oficial. Se puede solicitar cartografía oficial en la Dirección General de referencia.



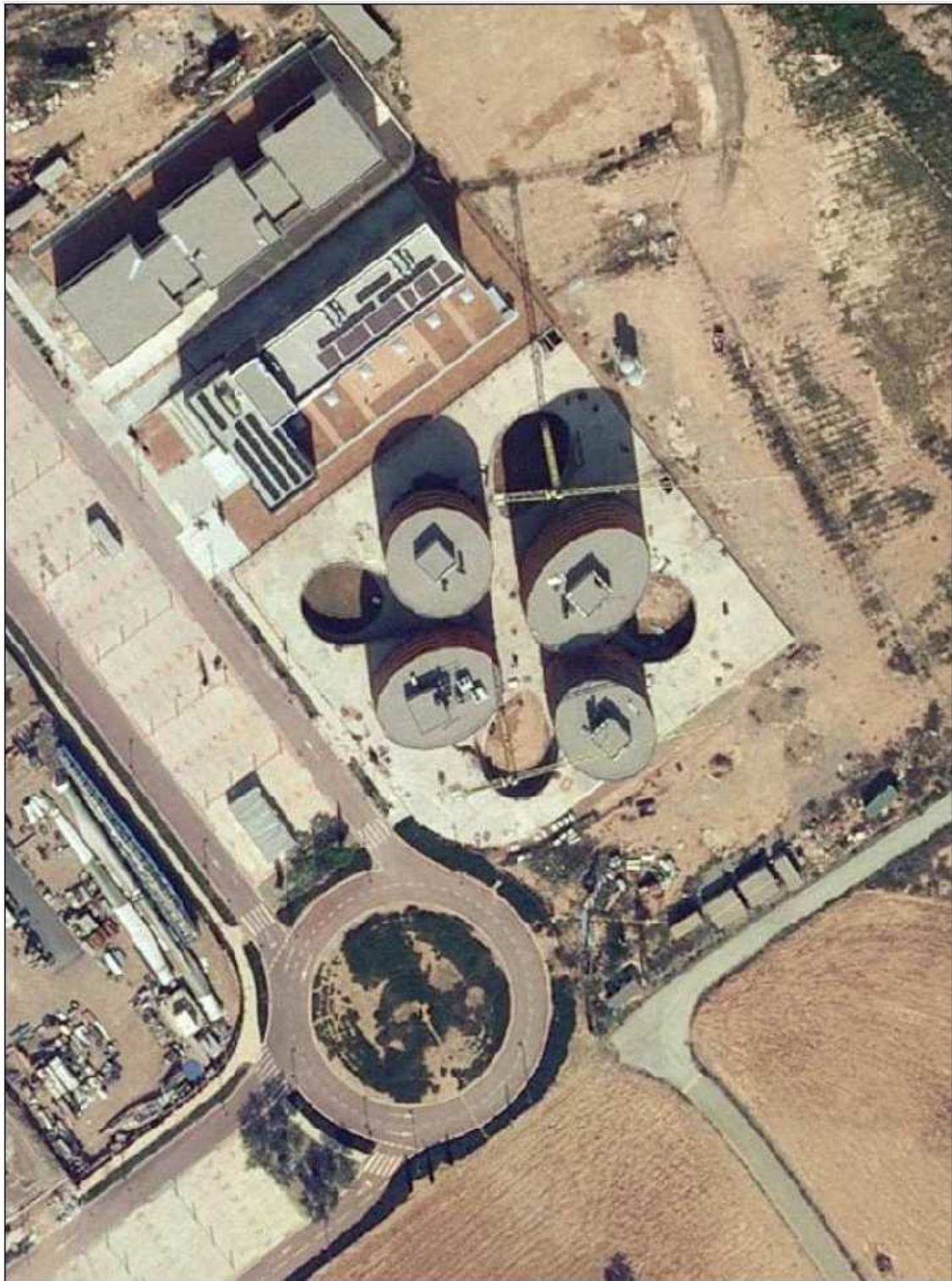
7.2.1 CeDIN Centro de Desarrollo, Innovación y Negocio

CeDIN, el Edificio Emblemático del Parque Tecnológico de Fuente Álamo, es un espacio único dirigido a empresas de base tecnológica cuya actividad requiere la generación o el uso intensivo de tecnologías para la creación de nuevos productos, procesos o servicios. Un espacio con una oferta inmejorable de oficinas para su empresa. Por calidad y diseño. Por emplazamiento y funcionalidad. Será el elegido para albergar la sede física y fiscal de la empresa.

El centro está formado por cuatro torres con cuatro patios de luz y zona peatonal cubierta, unidas entre ellas por un espacio común: un sótano de 3343 m², fresco, accesible y rodeado de jardines.



Ilustración 11. Representación tridimensional de los edificios en los que se ubicará la empresa. Fuente: PTFA.



Región de Murcia
Consejería de Obras Públicas
y Ordenación del Territorio.
Secretaría General.
Servicio de Cartografía.

Información Cartográfica

sistema geodésico	ETRS89.
sistema de representación	UTM .Huso: 30
coordenadas mínimas	666189 - 4176677
coordenadas máximas	666355 - 4176901
escala	1 : 1000

Este documento cartográfico ha sido extraído del dominio
www.cartomur.com

la información es indicativa y carece de validez oficial.
Se puede solicitar cartografía oficial en la Dirección General de referencia.



7.3 Subvenciones administrativas

Se mencionan a continuación las subvenciones a las que la empresa podrá optar.

7.3.1 Plan Nacional de I+D+i

El Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación es el instrumento de programación con el que cuenta el sistema español de Ciencia, Tecnología y Empresa para la consecución de los objetivos y prioridades de la política de investigación, desarrollo e innovación tecnológica de nuestro país a medio plazo, según se define en la Ley de la Ciencia y en la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología (ENCIYT).

El VI Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica ha sido aprobado para el trienio 2008-2011.

7.3.1.1 Objetivos

Los objetivos del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 se han identificado teniendo en cuenta los principios básicos y objetivos recogidos en la ENCIYT, y son los que han marcado el diseño de los instrumentos y los programas nacionales del mismo.

Para cada objetivo estratégico de la ENCIYT se define un conjunto de objetivos específicos del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011.

- Situar a España en la vanguardia del conocimiento
- Promover un tejido empresarial altamente competitivo
- Desarrollar una política integral de ciencia, tecnología e innovación; la imbricación de los ámbitos regionales en el sistema de ciencia y tecnología
- Avanzar en la dimensión internacional como base para el salto cualitativo del sistema
- Conseguir un entorno favorable a la inversión en I+D+i
- Fomentar la cultura científica y tecnológica de la sociedad

7.3.1.2 Beneficiarios

- Empresas
- Centros tecnológicos
- Agrupaciones o asociaciones empresariales
- Agrupaciones Empresariales Innovadoras (clusters innovadores) y plataformas tecnológicas
- Organizaciones de apoyo a la transferencia tecnológica, difusión y divulgación tecnológica y científica
- Organismo de Investigación
- Intermediarios de Innovación



7.3.2 INNCORPORA 2011

El programa INNCORPORA 2011, dentro del plan Emprendemos, tiene como objetivo la concesión de ayudas a empresas públicas y privadas, spin off, JEIs, centros tecnológicos, centros de apoyo a la innovación tecnológica, asociaciones empresariales, y parques científicos y tecnológicos para la nueva contratación de profesionales con titulación de Doctor, Titulación Universitaria y Técnico Superior de Formación Profesional a jornada completa y su formación inicial, vinculado a la participación en un proyecto de investigación industrial, de desarrollo tecnológico o estudios de viabilidad técnica previos.

Estas ayudas están destinadas a sufragar los siguientes costes: la retribución bruta más la cuota empresarial de la Seguridad Social, los costes indirectos y los gastos de consultoría o servicios equivalentes destinados a la formación inicial relacionada con el proyecto.

Los tipos de ayudas de esta convocatoria son:

- Subvenciones, y préstamos con un tipo de interés del 0% y un plazo de amortización máximo de 9 años, con hasta 3 de carencia, cuyo importe máximo será de hasta el 100 % del coste financiable de la actuación.

La solicitud de estas ayudas será una por contrato para todas las líneas, excepto para INNCORPORA-EE, que es una solicitud por proyecto

Para estos proyectos se ha aprobado un presupuesto de 342 M de € en subvención y préstamo para el periodo 2011-2014.

7.3.3 Programa Eurostars

El programa Eurostars se basa en el artículo 169 del Tratado de la CE que se refiere a la participación de la Comunidad en el programa de investigación y desarrollo aplicada junto con varios Estados miembros. Este programa es un programa de innovación europeo. Esta iniciativa sostendrá a las pymes que realizan labores de investigación y desarrollo (pymes que realizan I+D) creando un mecanismo europeo duradero de ayuda a la I+D, animando las pymes a lanzar nuevas actividades económicas sobre la base de los resultados I+D y a comercializar nuevos productos, procesos y servicios más rápidamente que sería posible diferentemente y promoviendo el desarrollo tecnológico y comercial así como la internacionalización de estas empresas.

La convocatoria se inició el 2/10/2007 y tiene como plazo máximo hasta el 31/12/2013 siendo el organismo otorgante la Comisión Europea.

7.3.3.1 Objetivo

Apoyar iniciativas innovadoras en proyectos o actuaciones referentes a:

- Innovación organizativa y gestión avanzada.
- Proyectos de innovación en colaboración.

7.3.3.2 Ayuda

- Hasta un 40% a fondo perdido para pequeñas y microempresa. Hasta un 30% a fondo perdido para medianas empresas.

- Para ayudas blandas (resto, salvo costes asociados a la propiedad industrial) -Hasta el 50%.
- Los costes asociados a la propiedad industrial tienen una ayuda del 45% a fondo perdido para pequeñas y microempresas y del 35% para medianas empresas.

7.3.3.3 Beneficiarios

Podrán ser beneficiarios las pymes y los organismos intermedios cuya actividad, que deberá estar comprendida entre las enumeradas en el Anexo III de la Orden (nº 6 del epígrafe "Legislación"), se localice en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. No podrán ser beneficiarias las empresas en crisis.

7.3.4 Subvenciones relacionadas con la implantación de nuestra empresa en el Parque Tecnológico de Fuente Álamo

Es importante tener en cuenta que la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, a través del instituto de Fomento (INFO), pone a nuestra disposición diferentes programas de ayudas e incentivos, para facilitar la implantación de empresas en el Parque Tecnológico. Además del apoyo financiero que se puede recibir de Cajamurcia y CAM.

En el marco del Plan Estratégico de la Región de Murcia 2007-2013 y el Plan Industrial de la Región de Murcia 2008-2013, la Consejería de Universidades, Empresa e Investigación, a través del Instituto de Fomento de la Región de Murcia convoca los siguientes "Programas de ayudas":

Programas de Innovación y Acciones Estratégicas:

- Anexo I: Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico.
- Anexo II: Programa de Implantación de la Innovación.
- Anexo III: Programa de Transferencia Tecnológica.
- Anexo V: Programa para la Planificación Estratégica del Uso de las TIC de la Pyme.
- Anexo VI: Programa de Ayudas a la Participación de Empresas en Programas Nacionales e Internacionales de Cooperación de I+D+i.
- Anexo VIII: Programa de Apoyo a la Planificación Estratégica.

Programas de Internacionalización:

- Anexo XV: Programa de Ayuda a la Internacionalización de las Empresas.
- Anexo XVI: Programa de Ayuda para fomentar las Licitaciones Internacionales.
- Anexo XVII: Programa de Ayuda a la Internacionalización de las Empresas con Fondos Procedentes del ICO.

El crédito máximo disponible es de 6.000.000 y 1.500.000 euros respectivamente, siendo la cuantía por beneficiario de 200.000 euros por programa.

7.4 Financiación administrativa

7.4.1 Financiación relacionada con la implantación de nuestra empresa en el Parque Tecnológico de Fuente Álamo

En relación a los Programas de Ayudas nombrados anteriormente tenemos otros de diferente carácter:

Programas de Financiación:

- Anexo XII: Programa de Apoyo a las Empresas de la Región a través del Sistema de Garantías Recíprocas.
- Anexo XIII: Programa de ayudas a la Financiación de Empresas de la Región de Murcia mediante el Apoyo a Operaciones Financieras con Fondos Procedentes del ICO.
- Anexo XIV: Programa de Ayudas a la Financiación con Microcréditos para Emprendedores.

En este caso, estos Programas de Financiación cuentan con un total de cuantía de 4.500.000 euros e igual que en el caso anterior, cada beneficiario tiene una cuantía máxima de 200.000 euros por programa.

7.4.2 Instituto de Crédito Oficial

7.4.2.1 ICO Inversión Sostenible

Consideramos nuestra actuación como sostenible para La Tierra por lo que hemos decidido poder optar a esta forma de financiar nuestro proyecto.

La vigencia de éste crédito es hasta el 19 de diciembre de 2011 o antes si se produce un agotamiento de los fondos.

- Financiación orientada a empresas, autónomos, entidades públicas y entidades sin ánimo de lucro que realicen inversiones productivas en sectores y actividades de inversión sostenible.
- Se consideran inversiones sostenibles todas aquellas inversiones que incluyan nuevos procesos de producción, nuevos productos y/o servicios y/o nuevos sistemas de dirección o negocio que impliquen una mejora en el uso eficiente de los recursos y/o una reducción de los impactos medioambientales. Asimismo serán financiables aquellas inversiones en bienes usados que impliquen mejoras en el uso eficiente de los recursos o reduzcan el impacto ambiental.
- La tramitación de las operaciones se realiza directamente a través de las entidades de crédito.

Las condiciones son las siguientes:

- **Importe de la operación:** Hasta el 100% de la inversión hasta un máximo de 10 millones €
- **Modalidad:** Préstamo o leasing.

- **Tipo de interés:** Variable más diferencial o Fijo más el margen establecido (Hasta dos millones el margen será como máximo de 1,15% y a partir de dos millones será hasta 1,50%)
- **Amortización y carencia:** 3, 5, 7, 10, 12, 15 ó 20 años, con la posibilidad de hasta 3 años de carencia.
- **Comisiones:** Las entidades de Crédito no pueden cobrar cantidad alguna en concepto de: comisión de apertura, de estudio o de disponibilidad.
- **Garantías:** A determinar por la entidad financiera con la que se tramite la operación.

7.4.2.2 ICO Inversión

Al igual que el fondo anterior, éste permanece abierto hasta el 19 de diciembre de 2011 o antes si se produce un agotamiento de los fondos.

- Financiación, orientada a empresas, autónomos, entidades públicas y entidades sin ánimo de lucro, que realicen inversiones productivas en sectores y actividades que no puedan ser considerados de inversión sostenible.
- Se consideran inversiones sostenibles todas aquellas inversiones que incluyan nuevos procesos de producción, productos o servicios y/o sistemas de dirección o negocio que impliquen una mejora en el uso eficiente de los recursos y/o una reducción de los impactos medioambientales.
- Se financian activos fijos productivos nuevos o de segunda mano (maquinaria, equipo informático, mobiliario, inmuebles, vehículos, adquisición empresas, etc.) e IVA o impuestos análogos.
- La tramitación de las operaciones se realiza directamente a través de las entidades de crédito.

Las condiciones son las siguientes:

- **Importe de la operación:** Hasta un máximo de 10 millones € en una o varias operaciones.
- **Modalidad:** Préstamo /leasing.
- **Tipo de interés:**
 - o **Fijo:** Según cotización quincenal publicada por ICO más hasta 1,50%.
 - o **Variable:** Euribor 6 meses más diferencial, según cotización quincenal comunicada por el ICO, más hasta 1,50%.
- **Amortización y carencia:** 3, 5, 7, 10, 12, 15 ó 20 años, con la posibilidad de hasta 3 años de carencia.
- **Comisiones:** Las entidades no pueden cobrar cantidad alguna en concepto de: comisión de apertura, de estudio o de disponibilidad.
- **Garantías:** A determinar por la entidad financiera con la que se tramite la operación.



7.4.2.3 ICO SGR

La vigencia de este crédito es hasta el 19 de diciembre o antes si se agotan los fondos.

- Financiación orientada a autónomos, empresas y entidades sin ánimo de lucro, con necesidades de financiación de inversión y/o liquidez que cuenten o puedan contar con la consideración de socio partícipe de una de las SGR acogidas a la línea.
- Se financian inversiones (maquinaria, equipo informático, mobiliario, inmuebles, vehículos, adquisición empresas, etc.) o liquidez.
- La tramitación de las operaciones se realiza directamente en ICO a través de la herramienta : www.facilitadorfinanciero.es

Las condiciones son las siguientes:

- **Importe de la operación:** Hasta el 100% de la inversión hasta un máximo de 600.000 €
- **Modalidad:** Préstamo o leasing.
- **Tipo de interés:** Variable, Euribor 6 meses más 3 %, más: hasta 1% en concepto de coste de aval anual por saldo vivo y más hasta 4% de cuota social mutualista.
- **Amortización y carencia:** Para inversión 7 años con dos de carencia y para liquidez 3 años con uno de carencia.
- **Comisiones:** Se cobrará una comisión de apertura del 0,5% sobre el importe solicitado, con un mínimo de 60 Euros.
- **Garantías:** El ICO realizará un análisis de cada solicitud y en función de la solvencia del solicitante y de la viabilidad, determinará las garantías que considere y la SGR podrá solicitar en su revisión garantías adicionales a las solicitadas por el ICO.

7.4.3 Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI)

El Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), organismo perteneciente al Ministerio de Ciencia e Innovación que promueve la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas españolas, ha hecho públicas nuevas ayudas a la investigación a las que pueden optar.

La financiación ofrecida por el CDTI a las empresas consiste en ayudas parcialmente reembolsables que cubren hasta el 75% del presupuesto total del proyecto. El tramo no reembolsable oscila entre el 15 y el 25% de la aportación CDTI en proyectos individuales y entre el 25 y el 33 % en proyectos en cooperación. La parte reembolsable consiste en créditos al tipo de interés "0" con un período de amortización de 10 años.

Las características del fondo de financiación son las siguientes:

Financiación máxima por Beneficiario Final/Año: 1.500.000 euros formalizados en una o varias operaciones. Financiación mínima por operación 100.000 euros. 7

Inversiones financiables: toda inversión productiva en activos fijos no corrientes nuevos, destinada a la mejora y modernización del componente tecnológico de la empresa, siempre que el proyecto de inversión presentado cumpla los siguientes límites:

- La parte correspondiente a terrenos y construcciones, afectos a la actividad de innovación, si hubiera, no podrá superar el 30% del proyecto de inversión.
- La parte correspondiente a inversiones intangibles (personal, materiales, colaboraciones externas y otros costes indirectos), si hubiera, no podrá superar el 50% del total proyecto de inversión, excepto en aquellos proyectos catalogados como Proyectos de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).
- La fecha de pago de las inversiones financiables no deberá ser anterior a 6 meses a contar desde la firma de la operación con la entidad financiera.

Plazos: a elegir entre 5 años sin carencia, 7 años sin carencia y 7 años con 2 de carencia

Modalidad del contrato: préstamo o leasing.

Tipo de Interés máximo para el Beneficiario: el tipo máximo será Euribor - 0,5 puntos porcentuales en términos TAE, con liquidación mensual, trimestral o semestral y revisable anualmente. Independientemente de la evolución del Euribor, este tipo máximo no será inferior al 1,5%.

Riesgo con Beneficiario Final: el riesgo de las operaciones formalizadas con los beneficiarios finales es asumido por la entidad financiera.

Entidades financieras colaboradoras: para su tramitación, la empresa debe dirigirse a alguna de las entidades financieras adscritas a la línea: Banco Santander, BBVA, La Caixa y Banco Sabadell.

7.5 Constitución

Se ha escogido la constitución de una Sociedad Anónima (S.A.), que es una sociedad mercantil cuyo capital está dividido en acciones, integradas por las aportaciones de los socios, quienes no responderán personalmente de las deudas sociales contraídas sino que lo harán con el capital aportado.

El número mínimo de socios es 1 y el capital inicial mínimo es de 60.102 Euros. Totalmente suscrito y desembolsado en un 25% (el resto no tiene plazo legal, determinándose en los estatutos).

Se pueden aportar bienes o derechos valorables económicamente. Estas aportaciones deberán ser objeto de un informe elaborado por experto designado por el Registrador Mercantil, que deberá incorporarse a la escritura de constitución o, en su caso, ampliación de capital.

La regla general es que los acuerdos se adoptan por mayoría de votos emitidos válidamente. Los Estatutos pueden aumentar las mayorías exigidas. Cada acción ordinaria atribuye el derecho a emitir un voto aunque los Estatutos pueden limitar el número máximo de votos que puede emitir un mismo accionista.

Antes de proceder al reparto de beneficios es requisito legal aplicar a la *Reserva Legal* el equivalente al 10% del beneficio, al menos hasta que dicha Reserva alcance el 20% del capital

social. Solo se pueden repartir dividendos con cargo a beneficios si el valor del patrimonio neto contable no es, a consecuencia del reparto, inferior al capital social.

El nombre de la sociedad habrá de incorporar las siglas "S.A".

Las razones que nos han hecho decantarnos por constituir este tipo de sociedad han sido:

- Sociedad abierta. Los socios pueden vender libremente sus acciones y la sociedad puede cotizar en Bolsa.
- La responsabilidad de los socios es limitada. Protegerá así su patrimonio personal.
- Buena imagen frente a terceros.

7.5.1 Trámites de constitución

7.5.1.1 Certificado negativo de nombre

Es una certificación acreditativa de que el nombre elegido para la sociedad no coincide con el de otra existente.

Documentos a presentar: instancia oficial con los nombres elegidos (un máximo de tres por orden de preferencia).

Plazo: antes de ir al notario. La Validez del nombre concedido es de 3 meses (Real Decreto 158/2008). Pasado este plazo debe renovarse, siempre que no hayan transcurrido más de 6 meses, ya que entonces habrá caducado definitivamente.

Lugar: Registro Mercantil Central (C/Príncipe de Vergara 94 - Madrid).

7.5.1.2 Apertura de cuenta bancaria a nombre de la sociedad

Una vez que tengamos el certificado de denominación, debemos acudir a una entidad bancaria para abrir una cuenta a nombre de Agro Tech & Engineering S.A., ingresando el capital mínimo inicial de la sociedad. El banco deberá entregarnos un certificado que debemos que presentar al notario. Con posterioridad, puede utilizarse el dinero ingresado.

7.5.1.3 Elaboración de los Estatutos y Escritura de Constitución

Los estatutos son las normas que van a regir la sociedad (nombre, objeto social, capital social, domicilio social, régimen de participación de cada socio...). Es recomendable ponerse en manos de un abogado para que los redacte, o bien contactar con la Notaria. A continuación tenéis que pasar por el notario para firmar la escritura de constitución de la sociedad, es tal vez el trámite más caro pero sin el no es posible inscribir la sociedad en el Registro Mercantil.

Es necesario presentar:

- El certificado de denominación del Registro Mercantil Central
- El certificado bancario
- Los Estatutos Sociales, si los llevamos nosotros y no los hace la notaría
- D.N.I de todos los socios

7.5.1.4 Liquidación del Impuesto de Transmisiones Patrimoniales

Es un impuesto que grava la constitución, aumento de capital, fusión, transformación o disolución de una sociedad. Tendremos que pagar el 1% del capital inicial que pongamos en los estatutos.

Documentos a presentar: impreso modelo 600, primera copia y copia simple de la escritura de constitución, fotocopia del CIF provisional.

Lugar: Consejería de Hacienda de la Comunidad Autónoma correspondiente.

Plazo: 30 días hábiles a partir del otorgamiento de la escritura.

7.5.1.5 Inscripción en el Registro Mercantil

AT&Engen S.A. debe presentarse a inscripción en el plazo de 1 mes desde el otorgamiento de la escritura de constitución por el notario. El Registro Mercantil será el correspondiente al domicilio social que se hayan fijado en los Estatutos.

Para realizar la inscripción, tenemos que presentar:

- Certificado de denominación del Registro Mercantil Central
- Primera copia de la Escritura
- Ejemplares del modelo 600 (ITP) abonado anteriormente

Debemos pagar una provisión de fondos al hacer la entrega, y el resto cuando se retire. Lo normal es que nos soliciten un teléfono o fax para comunicar cuando se puede retirar que dependerá del Registro.

Una vez inscrita, nuestra sociedad adquirirá personalidad jurídica.

El Registro Mercantil al que debemos ir a realizar estos trámites es el Registro Mercantil de Murcia con sede en Av/ Teniente Montesinos, 8 Edificio Zeta – C.P. 30100 Espinardo (Murcia) y su teléfono de contacto el 968 237 962.

7.5.2 Trámites en Hacienda

7.5.2.1 Solicitud del Código de Identificación Fiscal (CIF)

Sirve para identificar a la sociedad a efectos fiscales, a diferencia del empresario individual que se identifica con su NIF. En un principio se nos otorgará un CIF provisional para empezar a funcionar, debiendo canjearlo por el definitivo en un plazo de 6 meses.

Documentos a presentar: impreso modelo 036, original y copia simple de la escritura de constitución, fotocopia del DNI del solicitante si es un socio o fotocopia del poder notarial si es un apoderado.

Plazo: 30 días a partir del otorgamiento de la escritura. Luego hay 6 meses para retirar el CIF definitivo.

Lugar: Administración o Delegación de la Agencia Estatal de la Admón. Tributaria correspondiente al domicilio fiscal de la sociedad.



7.5.2.2 Alta en el Impuesto de Actividades Económicas (IAE)

Es un tributo de carácter local que grava el ejercicio de actividades empresariales, profesionales o artísticas, se ejerzan o no en local. Es obligatorio para toda sociedad, empresario o profesional. Tendremos que presentar tantas altas como actividades se vayan a ejercer.

Desde el 1 de enero de 2003 están exentos del pago de este impuesto, las personas físicas, las sociedades civiles y sociedades mercantiles, que tengan un importe neto de la cifra de negocios inferior a 1.000.000 de euros. Por lo que, de momento, no debemos abonar este impuesto.

En el momento en el que debamos darnos de alta en el IAE lo haremos a través del modelo 036 (Declaración Censal). En caso de que cualquiera de nuestras actividades tribute en el IAE presentaremos el modelo 840.

Documentos a presentar: si está exento de pago, como es nuestro caso, se hará a través del modelo 036 de Declaración Censal. En otro caso, debe presentarse el Modelo oficial 840 debidamente cumplimentado, DNI para el empresario individual, CIF para Sociedades, NIF para el apoderado

Plazo: 1 mes desde el inicio.

Lugar: Administración o Delegación de la Agencia Estatal de la Administración Tributaria correspondiente al lugar en que se ejerza la actividad.

Gastos: Dependen de la actividad a realizar. Las tarifas se aprobaron por Reales Decretos Legislativos 1175/1990, de 28 de Septiembre y 1259/1991, de 2 de agosto.

7.5.2.3 Declaración censal (IVA)

Es la declaración de comienzo, modificación o cese de actividad, que han de presentar a efectos fiscales los empresarios, los profesionales y otros obligados tributarios

Documentos a presentar: modelo oficial 036, CIF y Alta en el IAE

Plazo: antes del inicio de la actividad.

Lugar: Administración de Hacienda o Delegación correspondiente al domicilio fiscal de la empresa.

7.5.3 Trámites en materia de trabajo

7.5.3.1 Afiliación y alta en el Régimen de Autónomos

Es un régimen especial de la Seguridad Social obligatorio para trabajadores por cuenta propia y para los socios trabajadores de sociedades civiles y mercantiles que dependiendo de los casos deben darse de alta en este régimen o en el General.

Nuestro caso, siendo los tres socios fundadores y trabajadores aportando cada uno un 33,33% del capital estaremos en:

- Régimen de autónomos: si tiene funciones de dirección y gerencia y posee +1/4 del capital.



- Régimen general: si no ejerce funciones de dirección y gerencia y no posee +1/3 del capital.

Documentos a presentar: documento de afiliación, parte de alta de asistencia sanitaria, parte de alta de cotización por cuadruplicado, fotocopia del alta en el IAE, fotocopia del contrato y CIF, en el caso de tratarse de un profesional Colegiado, certificado del colegio correspondiente.

Plazo: 30 días naturales siguientes al inicio de la actividad. No obstante, el alta causará efectos a partir del día 1 del mes en que se inicie la actividad (si la actividad se inicia el 15 de enero y el alta se presenta el 10 de febrero debe pagarse desde el 1 de enero).

Lugar: Tesorería General de la Seguridad Social correspondiente.

7.5.3.2 Solicitud del número de patronal

Sólo debe hacerse cuando va a contratarse algún trabajador. De esta manera se inscribe la empresa en la seguridad social que asigna al empresario un Código de cuenta de cotización principal. Dicha inscripción será única y válida para toda la vida de la persona física o jurídica titular de la empresa.

Documentos a presentar: impreso de inscripción de empresas por triplicado, NIF del titular o copia de la escritura de constitución, contrato de asociación o Mutua de accidentes de trabajo hacer constar el sector laboral de la empresa, impresos de alta del trabajador contratado y alta en el IAE

Plazo: antes de que el trabajador comience su actividad.

Lugar: Tesorería General de la Seguridad Social correspondiente al domicilio de la empresa.

7.5.3.3 Comunicación de Apertura del centro de trabajo

Deben realizarla aquellas empresas que procedan a la apertura de un nuevo centro de trabajo o reanuden la actividad después de efectuar alteraciones, ampliaciones o transformaciones de importancia. Es nuestro caso.

Documentos a presentar: modelo oficial por cuadruplicado con los datos de la empresa, datos del centro de trabajo, datos de la plantilla, datos de la actividad que se desarrolla.

Plazo: 30 días siguientes al inicio o reanudación de la actividad.

Lugar: Dirección Provincial de Trabajo, Seguridad Social y Asuntos Sociales.

7.5.3.4 Solicitud del Libro de Visita

El libro de Visita es obligatorio para todas las empresas y autónomos, aunque no tengan trabajadores a su cargo, y debemos presentarlo ante una posible Inspección de Trabajo. Debemos tener uno por cada centro de trabajo.

Plazo: Antes de empezar la actividad.

Lugar: Debe diligenciarse en la Inspección Provincial de Trabajo y Seguridad Social. En la actualidad puede sustituirse por el alta en el Libro de Visitas electrónico.

7.5.4 Trámites en ayuntamiento

Los siguientes pasos son necesarios ya que vamos a abrir un local. Sin embargo si va a abrir un local es importante que como paso previo a todo lo comentado empiece consultando en el Ayuntamiento sobre las posibilidades de que el local que tiene pensado pueda albergar el negocio deseado.

Nuestra empresa no está sujeta a ninguna Evaluación de Impacto Ambiental por lo que no necesitamos disponer de autorizaciones ambientales de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Los siguientes documentos han sido solicitados al ayuntamiento de Fuente Álamo mediante la web del mismo (www.ayto-fuentealamo.es)

- Licencia de actividades e instalaciones (Apertura)
- Licencia de obras
- Cédula urbanística
- Solicitud de primera ocupación

8. Legislación aplicable


1. Real Decreto 158/2008
2. Real Decreto Legislativo 1175/1990, de 28 de Septiembre
3. Real Decreto Legislativo 1259/1991, de 2 de agosto
4. Resolución de 25 de noviembre de 2008, de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, sobre el Libro de Visitas electrónico de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.
5. Real Decreto 2609/1996, de 20 de diciembre
6. Orden de 25 de marzo de 2011 , por la que se establecen las bases reguladoras y la convocatoria para el ejercicio 2011 de las ayudas integradas en el programa de apoyo a la innovación de las pequeñas y medianas empresas 2007-2013
7. Real Decreto Legislativo 4/2004, de 5 de marzo
8. Real decreto 1432/2003, de 21 de noviembre
9. Orden de 6 de mayo 2009 de la Consejería de Política Social, Mujer e Inmigración
10. Ley 1/1995, de protección del medio ambiente de la Región de Murcia.
11. Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.
12. Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
13. Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 junio, de Evaluación de impacto ambiental.
14. Ley 4/2009, de 14 de mayo, de Protección Ambiental Integrada.

9. Bibliografía


1. Agencia Espacial Europea (www.esa.int)
2. Agencia Tributaria (www.aeat.es)
3. Ayuntamiento de Fuente Álamo (www.ayto-fuentealamo.es)
4. Boletín Oficial de la Región de Murcia (www.carm.es/borm)
5. Boletín Oficial del Estado (www.boe.es)
6. Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (www.cdti.es)
7. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (www.carm.es)
8. Consejería de Educación de la Junta de Galicia (www.edu.xunta.es)
9. Departamento de Fisiología Vegetal de la Universidad de Oviedo
10. Ejemplos de análisis multicriterio
(www.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/examples/too_cri_res_es.pdf)
11. Gómez, M.D. 2011. Análisis multicriterio. Proyectos. UPCT.
12. Gómez, M.D. 2011. Fases y metodología del proyecto. Proyectos. UPCT.
13. Gómez, M.D., Maestre, J. 2011. Tramitación. Proyectos. UPCT.
14. Infoagro (www.infoagro.com)
15. Infojardín (www.infojardin.com)
16. Instituto de Crédito Oficial
17. Instituto de Fomento de Murcia (www.institutofomentomurcia.com)
18. Ministerio de Ciencia e Innovación (www.micin.es)
19. Ministerio de Trabajo e Inmigración (www.mtin.es)
20. NASA (www.nasa.gov)
21. Parque Tecnológico de Fuente Álamo (www.ptfuentealamo.com)
22. Periódico ELMundo (www.elmundo.es)
23. Registro Mercantil Central (www.rmc.es)
24. Unión Europea (www.europa.eu)
25. Universidad Politécnica de Cartagena (www.upct.es)


26. Universidad Politécnica de Valencia (www.upv.es)
27. Wikipedia (www.wikipedia.org)
28. www.advasc.es
29. www.afuegolento.com
30. www.astroseti.org
31. www.cedepapedu.org
32. www.cedepapedu.org
33. www.ciencia.nasa.gov
34. www.ciencia.nasa.gov
35. www.consumer.es
36. www.crear-empresas.com
37. www.desechos-solidos.com
38. www.elnuevoherald.com
39. www.estacionespacial.com
40. www.etsea2.udl.es/invitro/camara.htm
41. www.nsf.gov
42. www.ozono21.com
43. www.space-explorers.com
44. www.space-explorers.com
45. www.theguardians.com
46. www.xantakaciencia.com

Anexo I: Características del material vegetal


	Espinaca (<i>Spinacea oleracea</i> L.)	
Fisiología		
Raíz	Raíz pivotante, poco ramificada y de desarrollo radicular superficial.	
Hojas	Caulíferas, más o menos alternas y pecioladas, de forma y consistencia muy variables, en función de la variedad. Color verde oscuro. Pecíolo cóncavo y a menudo rojo en su base, con longitud variable, que va disminuyendo poco a poco a medida que soporta las hojas de más reciente formación y va desapareciendo en las hojas que se sitúan en la parte más alta del tallo.	
Tallo	Erecto de 30 cm a 1 m de longitud en el que se sitúan las flores.	
Material Vegetal	Clermon: resistente a cuatro cepas de mildiu. Crecimiento rápido y hoja lisa.	
Requerimientos Climáticos		
Temperatura	Germinación: 5°C. Cultivo: 15-26°C día y 5-15°C noche.	
Humedad Relativa	60 - 80%	
Iluminación	Fotoperiodo corto. > 12 horas luz	
Ciclo de cultivo		
Germinación	Se realizará en cámaras de germinación. Tiene lugar a las tres semanas de la siembra	
Recolección	Cuando tiene 4-5 hojas y vuelve a brotar	
Valor nutricional		
Prótidos (g)	3,2-3,77	
Lípidos (g)	0,3-0,65	
Glúcidos (g)	3,59-4.3	
Vitamina A (U.I.)	8,100-9,420	
Vitamina B1 (mg)	110	
Vitamina B2 (mg)	200	
Vitamina C (mg)	59	
Calcio (mg)	81-93	
Fósforo (mg)	51-55	
Hierro (mg)	3,0-3,1	
Valor energético (cal)	26	




		Patata (<i>Solanum tuberosum</i>)	
Fisiología			
Raíz	Fibrosas, muy ramificadas, finas y largas.		
Hojas	Compuestas, imparipinnadas y con folíolos primarios, secundarios e intercalares. La nerviación de las hojas es reticulada, con una densidad mayor en los nervios y en los bordes del limbo.		
Tallo	Gruesos, fuertes y angulosos, siendo al principio erguidos y con el tiempo se van extendiendo. Se originan en la yema del tubérculo, siendo su altura variable entre 0.5 y 1 metro.		
Tubérculos	Formados por tejido parenquimático, donde se acumulan las reservas de almidón. En las axilas del tubérculo se sitúan las yemas de crecimiento llamadas "ojos", dispuestas en espiral sobre la superficie del tubérculo.		
Frutos	En forma de baya redondeada de color verde de 1 a 3 cm de diámetro, que se tornan amarillos al madurar.		
Material Vegetal	De "carne" blanca: Royal Kidney		De "carne" amarilla: Belle de Fontanay.
Requerimientos Climáticos			
Temperatura	Germinación: 18-20°C. Cultivo: 13-18°C Día. 7-12°C Noche.		
Humedad Relativa	60 - 80%		
Iluminación	Fotoperíodos cortos son más favorables a la tuberización, fotoperiodo largo para el crecimiento vegetativo.		
Ciclo de cultivo			
Germinación	Propagación vegetativa por el tubérculo. Se realizará en cámaras de germinación.		
Crecimiento aereo	Periodo de 40-50 días en fotoperiodo largo desde germinación.		
Tuberización y recolección	Aproximadamente 30 días después del inicio de fotoperiodo corto. Hasta la formación completa del tubérculo.		
Valor nutricional			
Agua (%)	75,05		
Sólidos totales (%)	23,7		
Proteína(Nitrógeno total + 6.25) (%)	2		
Glicoalcaloides (Solanina) (mg/100gr)	3-10		
Grasa (%)	0,12		
Azúcares reductores (%)	0,3		
Total Carbohidratos (%)	21,9		
Fibra (%)	0,71		
Acidos Orgánicos (%)	0,6		
Ceniza (%)	1,1		
Vitamina C (mg/100gr)	10-25		

	Zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.)	
Fisiología		
Raíz	Napiforme, de forma y color variables. Tiene función almacenadora, y también presenta numerosas raíces secundarias que sirven como órganos de absorción. Al realizar un corte transversal se distinguen dos zonas bien definidas: una exterior, constituida principalmente por el floema secundario y otra exterior formada por el xilema y la médula. Las zanahorias más aceptadas son las que presentan gran proporción de corteza exterior, ya que el xilema es generalmente leñosos y sin sabor.	
Material Vegetal	Gémini: resistente a la humedad, uniformidad, precocidad y poco destrío.	
Requerimientos Climáticos		
Temperatura	Germinación: 18-20°C. Cultivo: 16-18°C	
Humedad Relativa	60 - 80%	
Ciclo de cultivo		
Germinación	Se realizará en cámaras de germinación. Entre una y dos semanas.	
Plantación	El ciclo de cultivo dura entre 65-80 días.	
Recolección	Cuando la hortaliza llegue a la formación plena de la raíz. Entre 100-150 g.	
Valor nutricional		
Agua (g/100g)		88,6
Carbohidratos (g/100g)		10,1
Lípidos (g/100g)		0,2
Calorías (cal)		40
Vitamina A (U.I.)		8.000
Vitamina B1 (mg/100g)		0,13
Vitamina B2 (mg/100g)		0,06
Vitamina B6 (mg/100g)		0,19
Vitamina E (mg/100g)		0,45
Ácido nicotínico (mg/100g)		0,64
Potasio (mg/100g)		0,1



	Rábano (<i>Raphanus sativus</i> L.)	
Fisiología		
Raíz	Gruesa, carnosa, muy variable en cuanto a la forma y al tamaño, de piel roja, rosada, blanca, pardo-oscura o manchada de diversos colores.	
Material Vegetal	Redondo rosado punta blanca: variedad de raíces pequeñas (rabanitos) (<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>radicula</i>)	
Requerimientos Climáticos		
Temperatura	Germinación: 18-20°C. Cultivo: 14-18°C día y 5-8°C noche. Acogollado: 12°C día y 3-5°C noche.	
Humedad Relativa	60 - 80%	
Ciclo de cultivo		
Germinación	Se realizará en cámaras de germinación. Entre una y dos semanas.	
Plantación	Después de la germinación el periodo de cultivo dura entre 30-50 días.	
Recolección	Cuando la hortaliza llegue a la formación plena de la raíz. Entre 50-75 g.	
Valor nutricional		
Glúcidos (g)	2,44	
Prótidos (g)	0,86	
Vitamina A (U.I.)	30	
Vitamina B1 (mg)	30	
Vitamina B2 (mg)	20	
Vitamina C (mg)	24	
Calcio (mg)	37	
Fósforo (mg)	31	
Hierro (mg)	1	

	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)	
Fisiología		
Raíz	La raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.	
Hojas	Las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.	
Tallo	Cilíndrico y ramificado.	
Material Vegetal	Romanas: <i>Lactuca sativa</i> var. <i>longifolia</i> <ul style="list-style-type: none"> • Baby. 	Acogolladas: <i>Lactuca sativa</i> var. <i>capitata</i> . <ul style="list-style-type: none"> • Iceberg
Requerimientos Climáticos		
Temperatura	Germinación: 18-20°C. Cultivo: 14-18°C día y 5-8°C noche. Acogollado: 12°C día y 3-5°C noche.	
Humedad Relativa	60 - 80%	
Ciclo de cultivo		
Germinación	Se realizará en cámaras de germinación	
Plantación	30-40 días después de la siembra, la lechuga será plantada cuando tenga 5-6 hojas verdaderas y una altura de 8 cm. Para el caso de Baby su recolección será en este punto.	
Recolección	Cuando la hortaliza llegue a la formación plena del cogollo. Entre 200-300 g.	
Valor nutricional		
Carbohidratos (g/100g)	20,1	
Proteínas (g/100g)	8,4	
Grasas (g/100g)	1,3	
Calcio (g/100g)	0,4	
Fósforo (g/100g)	138,9	
Vitamina C (g/100g)	125,7	
Hierro (g/100g)	7,5	
Niacina (g/100g)	1,3	
Riboflavina (g/100g)	0,6	
Tiamina (g/100g)	0,3	
Vitamina A (U.I.)	1155	
Calorías (cal)	18	



Anexo II: Análisis multicriterio

Índice

1	
1. Introducción al análisis multicriterio y objetivo del mismo	59
2	
2. Elección de la variedad	59
2.1 Definición de atributos	59
2.2 Alternativas	61
2.3 Análisis	61
3	
3. Porcentaje de cada variedad	71
3.1 Definición de atributos II	71
3.2 Alternativas	72
3.3 Análisis	77

1. Introducción al análisis multicriterio y objetivo del mismo

El análisis multicriterio se utiliza para emitir un juicio comparativo entre proyectos o medidas heterogéneas.

En el ámbito de la evaluación, el análisis multicriterio se emplea especialmente en evaluaciones ex ante, más concretamente en la definición de opciones estratégicas de intervención. En el ámbito de las evaluaciones ex post, el análisis multicriterio puede contribuir a la evaluación de un programa o de una política valorando los efectos de las acciones realizadas con respecto a varios criterios.

Por tanto, en este análisis trataremos de adoptar la mejor opción que se nos presenta entre una serie de alternativas.

El objetivo que perseguimos es determinar qué especies cultivamos y en qué proporción, es decir, tras una serie de especies propuestas por el centro decisor se quiere saber cuáles son las más apropiadas atendiendo a una serie de características (atributos) y en qué porcentaje de cada una de ellas se debería cultivar. Todo ello en el marco de la Estación Espacial Internacional.

Se va a usar la metodología AHP mediante las matrices propuestas por el autovector de Saaty.

2. Elección de la variedad

2.1 Definición de atributos

La elección de la especie se realiza en base a los siguientes criterios:

- **Requerimientos energéticos.** En este atributo se incluyen los aspectos fisiológicos de la planta, es decir, eficiencia en el uso del agua, eficiencia en el uso del CO₂ y O₂, exigencias de temperatura, humedad relativa y radiación.

Se ha propuesto una escala del 1 al 9 según los parámetros anteriormente citados (datos no mostrados). El valor más alto sería para la variedad con mayor eficiencia para producir un kg de alimento por kg de insumo.

Por otra parte, también es importante mencionar, tal y como se hizo en el estudio de viabilidad, que los insumos son un bien muy preciado en las estaciones espaciales, donde se carece de fuentes “inagotables” de materias primas como sucede en la Tierra y los recursos son más difíciles de gestionar.

- **Ciclo de cultivo.** Este valor es importante ya que en la ISS se precisan alimentos de forma constante y el espacio de almacenamiento es limitado. Además, es importante que los cultivos produzcan cuanto antes para no tener espacio sin aprovechar en el módulo diseñado para el estudio de viabilidad.

El ciclo de cultivo aparece en días y para cada una de las especies hemos escogido la más precoz entre sus variedades. Por lo que el valor “mejor” es el menor.

- **Porcentaje de partes comestibles.** Consideramos que es una característica importante el hecho de provocar la menor cantidad de residuos por lo que debemos tener en cuenta este atributo.

El valor dado en la tabla que muestra los valores numéricos de cada atributo para el porcentaje de partes comestibles es de tanto por uno, es decir, kg de alimento / kg de planta y, en este sentido, cuanto mayor sea el valor mejor.

- **Espacio.** La buena gestión del espacio es importante para reducir costes constructivos, aunque el coste de la inversión en este caso no es el principal limitante.

Para una buena gestión del espacio es importante tener unos cultivos de alto porcentaje de partes comestibles y un ciclo de cultivo corto ya que el espacio sí es un limitante.

En la tabla aparece como m³ que ocupa cada una de las especies y el valor “mejor” sobre el cual realizaremos los cálculos pertinentes será el menor.

- **Aporte nutritivo.** El aporte nutritivo que da la especie es muy importante puesto que el principal objetivo de la implantación de la agricultura en las estaciones espaciales es cubrir las necesidades nutricionales de los astronautas.

Se trata de dar el mayor número de aporte nutricional con el menor número de especies y a su vez obtener una dieta equilibrada.

El valor dado aparece en Kcal y el valor “mejor” es el más alto ya que cuantas más Kcal aporte un alimento por cada 100g de masa ayuda en la disminución del espacio y del número de plantas.

- **Resistencia a plagas y enfermedades.** Es importante que los cultivos sean resistentes a plagas y enfermedades ya que éstas, en el espacio, se multiplican a gran velocidad y crean fuertes estragos. Aunque, por otra parte, las semillas llevadas al espacio estarán libres de virus y otros patógenos y la desinfección en las estaciones espaciales está muy controlada.

De igual forma que para los requerimientos energéticos, se valora la resistencia a plagas y enfermedades con una numeración entre el 1 y el 9 establecida por el centro decisor en el que el número más alto sería el valor de mayor resistencia y, por tanto, el mejor.

2.2 Alternativas

1. Arroz
2. Trigo
3. Soja
4. Fresa
5. Melón
6. Tomate
7. Pimiento
8. Pepino
9. Cebolla
10. Calabacín
11. Calabaza
12. Brócoli
13. Coliflor
14. Maíz
15. Ajo
16. Lechuga
17. Patata
18. Espinaca
19. Rábano
20. Zanahoria
21. Remolacha
22. Garbanzos
23. Lentejas

2.3 Análisis

Atributos que definen la elección de la variedad

Alternativa	Requerimientos energéticos [1,9]	Ciclo de cultivo (días)	Porcentaje de partes comestibles [0,1]	Espacio (m ³)	Aporte nutritivo (kcal)	Resistencia a plagas y enfermedades [1,9]
Arroz	6	80	0,3	0,020	362	7
Trigo	5	80	0,3	0,020	305	8
Soja	5	90	0,2	0,012	44	7
Fresa	3	420	0,1	0,080	37	1
Melón	2	90	0,5	0,288	35	3
Tomate	2	150	0,3	0,224	22	2
Pimiento	3	240	0,4	0,256	22	2
Pepino	2	250	0,3	0,288	12	3
Cebolla	7	180	0,7	0,003	47	6
Calabacín	3	120	0,4	0,288	23	2
Calabaza	4	140	0,3	0,288	29	5
Brócoli	4	75	0,3	0,096	33	4
Coliflor	4	150	0,3	0,096	30	4
Maíz	3	150	0,2	0,108	86	6
Ajo	8	120	0,7	0,003	139	7
Lechuga	5	41	0,7	0,019	17,7	5
Patata	6	70	0,7	0,028	80	7
Espinaca	7	30	0,9	0,003	32	5
Rábano	7	50	0,6	0,002	20	7
Zanahoria	7	80	0,7	0,003	42	7
Remolacha	3	130	0,4	0,036	40	6
Garbanzos	5	160	0,2	0,0200	361	6
Lentejas	5	120	0,2	0,0200	336	7

Tabla 3. Atributos que definen la elección de la variedad. Fuente: elaboración propia.



Atributos que definen la elección de la variedad normalizados

Alternativa	Requerimientos energéticos	1/ requerimientos energéticos	Ciclo de cultivo	1/ciclo de cultivo	Porcentaje de partes comestibles	1/ Porcentaje de partes comestibles	Espacio	1/Espacio	Aporte nutritivo	1/Aporte nutritivo	Resistencia a plagas y enfermedades	1/Resistencia a plagas y enfermedades
Arroz	3,00	0,33	2,67	0,38	0,33	3,00	10,00	0,10	1,00	1,00	0,88	1,14
Trigo	2,50	0,40	2,67	0,38	0,33	3,00	10,00	0,10	0,84	1,19	1,00	1,00
Soja	2,50	0,40	3,00	0,33	0,22	4,50	6,00	0,17	0,12	8,23	0,88	1,14
Fresa	1,50	0,67	14,00	0,07	0,11	9,00	40,00	0,03	0,10	9,78	0,13	8,00
Melón	1,00	1,00	3,00	0,33	0,56	1,80	144,00	0,01	0,10	10,34	0,38	2,67
Tomate	1,00	1,00	5,00	0,20	0,33	3,00	112,00	0,01	0,06	16,45	0,25	4,00
Pimiento	1,50	0,67	8,00	0,13	0,44	2,25	128,00	0,01	0,06	16,45	0,25	4,00
Pepino	1,00	1,00	8,33	0,12	0,33	3,00	144,00	0,01	0,03	30,17	0,38	2,67
Cebolla	3,50	0,29	6,00	0,17	0,78	1,29	1,50	0,67	0,13	7,70	0,75	1,33
Calabacín	1,50	0,67	4,00	0,25	0,44	2,25	144,00	0,01	0,06	15,74	0,25	4,00
Calabaza	2,00	0,50	4,67	0,21	0,33	3,00	144,00	0,01	0,08	12,48	0,63	1,60
Brócoli	2,00	0,50	2,50	0,40	0,33	3,00	48,00	0,02	0,09	10,97	0,50	2,00
Coliflor	2,00	0,50	5,00	0,20	0,33	3,00	48,00	0,02	0,08	12,07	0,50	2,00
Maíz	1,50	0,67	5,00	0,20	0,22	4,50	54,00	0,02	0,24	4,21	0,75	1,33
Ajo	4,00	0,25	4,00	0,25	0,78	1,29	1,25	0,80	0,38	2,60	0,88	1,14
Lechuga	2,50	0,40	1,37	0,73	0,78	1,29	9,40	0,11	0,05	20,45	0,63	1,60
Patata	3,00	0,33	2,33	0,43	0,78	1,29	14,05	0,07	0,22	4,53	0,88	1,14
Espinaca	3,50	0,29	1,00	1,00	1,00	1,00	1,25	0,80	0,09	11,31	0,63	1,60
Rábano	3,50	0,29	1,67	0,60	0,67	1,49	0,75	1,33	0,06	18,10	0,88	1,14
Zanahoria	3,50	0,29	2,67	0,38	0,78	1,29	1,25	0,80	0,12	8,62	0,88	1,14
Remolacha	1,50	0,67	4,33	0,23	0,44	2,25	18,00	0,06	0,11	9,05	0,75	1,33
Garbanzos	2,50	0,40	5,33	0,19	0,22	4,50	10,00	0,10	1,00	1,00	0,75	1,33
Lentejas	2,50	0,40	4,00	0,25	0,22	4,50	10,00	0,10	0,93	1,08	0,88	1,14

Tabla 4. Atributos que definen la elección de la variedad normalizados. Fuente: elaboración propia.

(RSS_ACM_PAG/pag)



Para la tabla 2, el método que hemos utilizado para la normalización ha sido el de dividir cada valor por su valor mejor.

En criterios “más mejor”, obtenemos valores menores o iguales a la unidad y, en criterios “menos mejor”, obtenemos valores iguales o superiores a la unidad pero en ambos casos el óptimo es la unidad. Por ese motivo, para realizar el análisis multicriterio se escogerá la inversa de los atributos correspondientes a los valores menos mejores para que el mejor sea la unidad.

A continuación se establece la ponderación preferencial de los criterios:

Aporte nutritivo > Requerimientos energéticos > Espacio > Porcentaje de partes comestibles > Ciclo de cultivo > Resistencia a plagas y enfermedades

Para determinar los pesos preferenciales recurrimos al autovector de Saaty en el que siguiendo el orden establecido para los pesos preferenciales de acuerdo con las consideraciones oportunas del centro decisor.

	Requerimientos energéticos	Ciclo de cultivo	Porcentaje de partes comestibles	Espacio	Aporte nutritivo	Resistencia a plagas y enfermedades	Pesos	Pesos normalizados
Requerimientos energéticos	1,00	5,00	3,00	2,00	0,33	7,00	2,89	0,25
Ciclo de cultivo	0,20	1,00	1,00	0,33	0,20	5,00	0,51	0,04
Porcentaje de partes comestibles	0,33	1,00	1,00	0,50	0,33	5,00	0,73	0,06
Espacio	0,50	3,00	2,00	1,00	0,33	7,00	1,63	0,14
Aporte nutritivo	3,00	5,00	3,00	3,00	1,00	9,00	5,90	0,50
Resistencia a plagas y enfermedades	0,14	0,20	0,20	0,14	0,11	1,00	0,10	0,01
$\sum pesos$							11,75	1,00

Tabla 5. Autovector de Saaty para los pesos preferenciales de los atributos y los pesos normalizados. Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del peso preferencial de cada atributo hemos empleado la siguiente ecuación:

$$W_i = (a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n)^{1/n} \text{ para } i = 1, \dots, n$$

Para la elaboración de las matrices de pesos de las diferentes alternativas no se han tenido en cuenta las consideraciones y juicios de valor del centro decisor sino que se ha tomado como medida de valor la relación numérica existente (tabla 2) con relación a otra alternativa.



Requerimientos energéticos	Arroz	Trigo	Soja	Fresa	Melón	Tomate	Pimiento	Pepino	Cebolla	Calabacín	Calabaza	Brócoli	Coliflor	Maíz	Ajo	Lechuga	Patata	Espinaca	Rábano	Zanahoria	Remolacha	Garbanzo	Lenteja	W	W norm.
Arroz	1,00	1,20	1,20	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	0,86	2,00	1,50	1,50	1,50	2,00	0,75	1,20	1,00	0,86	0,86	0,86	2,00	1,20	1,20	2,937E+03	1,126E-03
Trigo	0,83	1,00	1,00	1,67	2,50	2,50	1,67	2,50	0,71	1,67	1,25	1,25	1,25	1,67	0,63	1,00	0,83	0,71	0,71	0,71	1,67	1,00	1,00	4,434E+01	1,700E-05
Soja	0,83	1,00	1,00	1,67	2,50	2,50	1,67	2,50	0,71	1,67	1,25	1,25	1,25	1,67	0,63	1,00	0,83	0,71	0,71	0,71	1,67	1,00	1,00	4,434E+01	1,700E-05
Fresa	0,50	0,60	0,60	1,00	1,50	1,50	1,00	1,50	0,43	1,00	0,75	0,75	0,75	1,00	0,38	0,60	0,50	0,43	0,43	0,43	1,00	0,60	0,60	3,502E-04	1,342E-10
Melón	0,33	0,40	0,40	0,67	1,00	1,00	0,67	1,00	0,29	0,67	0,50	0,50	0,50	0,67	0,25	0,40	0,33	0,29	0,29	0,29	0,67	0,40	0,40	3,120E-08	1,196E-14
Tomate	0,33	0,40	0,40	0,67	1,00	1,00	0,67	1,00	0,29	0,67	0,50	0,50	0,50	0,67	0,25	0,40	0,33	0,29	0,29	0,29	0,67	0,40	0,40	3,120E-08	1,196E-14
Pimiento	0,50	0,60	0,60	1,00	1,50	1,50	1,00	1,50	0,43	1,00	0,75	0,75	0,75	1,00	0,38	0,60	0,50	0,43	0,43	0,43	1,00	0,60	0,60	3,502E-04	1,342E-10
Pepino	0,33	0,40	0,40	0,67	1,00	1,00	0,67	1,00	0,29	0,67	0,50	0,50	0,50	0,67	0,25	0,40	0,33	0,29	0,29	0,29	0,67	0,40	0,40	3,120E-08	1,196E-14
Cebolla	1,17	1,40	1,40	2,33	3,50	3,50	2,33	3,50	1,00	2,33	1,75	1,75	1,75	2,33	0,88	1,40	1,17	1,00	1,00	1,00	2,33	1,40	1,40	1,018E+05	3,902E-02
Calabacín	0,50	0,60	0,60	1,00	1,50	1,50	1,00	1,50	0,43	1,00	0,75	0,75	0,75	1,00	0,38	0,60	0,50	0,43	0,43	0,43	1,00	0,60	0,60	3,502E-04	1,342E-10
Calabaza	0,67	0,80	0,80	1,33	2,00	2,00	1,33	2,00	0,57	1,33	1,00	1,00	1,00	1,33	0,50	0,80	0,67	0,57	0,57	0,57	1,33	0,80	0,80	2,617E-01	1,003E-07
Brócoli	0,67	0,80	0,80	1,33	2,00	2,00	1,33	2,00	0,57	1,33	1,00	1,00	1,00	1,33	0,50	0,80	0,67	0,57	0,57	0,57	1,33	0,80	0,80	2,617E-01	1,003E-07
Coliflor	0,67	0,80	0,80	1,33	2,00	2,00	1,33	2,00	0,57	1,33	1,00	1,00	1,00	1,33	0,50	0,80	0,67	0,57	0,57	0,57	1,33	0,80	0,80	2,617E-01	1,003E-07
Maíz	0,50	0,60	0,60	1,00	1,50	1,50	1,00	1,50	0,43	1,00	0,75	0,75	0,75	1,00	0,38	0,60	0,50	0,43	0,43	0,43	1,00	0,60	0,60	3,502E-04	1,342E-10
Ajo	1,33	1,60	1,60	2,67	4,00	4,00	2,67	4,00	1,14	2,67	2,00	2,00	2,00	2,67	1,00	1,60	1,33	1,14	1,14	1,14	2,67	1,60	1,60	2,196E+06	8,416E-01
Lechuga	0,83	1,00	1,00	1,67	2,50	2,50	1,67	2,50	0,71	1,67	1,25	1,25	1,25	1,67	0,63	1,00	0,83	0,71	0,71	0,71	1,67	1,00	1,00	4,434E+01	1,700E-05
Patata	1,00	1,20	1,20	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	0,86	2,00	1,50	1,50	1,50	2,00	0,75	1,20	1,00	0,86	0,86	0,86	2,00	1,20	1,20	2,937E+03	1,126E-03
Espinaca	1,17	1,40	1,40	2,33	3,50	3,50	2,33	3,50	1,00	2,33	1,75	1,75	1,75	2,33	0,88	1,40	1,17	1,00	1,00	1,00	2,33	1,40	1,40	1,018E+05	3,902E-02
Rábano	1,17	1,40	1,40	2,33	3,50	3,50	2,33	3,50	1,00	2,33	1,75	1,75	1,75	2,33	0,88	1,40	1,17	1,00	1,00	1,00	2,33	1,40	1,40	1,018E+05	3,902E-02
Zanahoria	1,17	1,40	1,40	2,33	3,50	3,50	2,33	3,50	1,00	2,33	1,75	1,75	1,75	2,33	0,88	1,40	1,17	1,00	1,00	1,00	2,33	1,40	1,40	1,018E+05	3,902E-02
Remolacha	0,50	0,60	0,60	1,00	1,50	1,50	1,00	1,50	0,43	1,00	0,75	0,75	0,75	1,00	0,38	0,60	0,50	0,43	0,43	0,43	1,00	0,60	0,60	3,502E-04	1,342E-10
Garbanzo	0,83	1,00	1,00	1,67	2,50	2,50	1,67	2,50	0,71	1,67	1,25	1,25	1,25	1,67	0,63	1,00	0,83	0,71	0,71	0,71	1,67	1,00	1,00	4,434E+01	1,700E-05
Lenteja	0,83	1,00	1,00	1,67	2,50	2,50	1,67	2,50	0,71	1,67	1,25	1,25	1,25	1,67	0,63	1,00	0,83	0,71	0,71	0,71	1,67	1,00	1,00	4,434E+01	1,700E-05
																							\sum pesos	2,609E+06	1

Tabla 6. Matriz y pesos para las diferentes alternativas del atributo "Requerimientos energéticos". Fuente: elaboración propia.



Ciclo de cultivo	Arroz	Trigo	Soja	Fresa	Melón	Tomate	Pimiento	Pepino	Cebolla	Calabacín	Calabaza	Brócoli	Coliflor	Maíz	Ajo	Lechuga	Patata	Espinaca	Rábano	Zanahoria	Remolacha	Garbanzo	Lenteja	W	W norm.
Arroz	1,00	1,00	1,13	5,25	1,13	1,88	3,00	3,13	2,25	1,50	1,75	0,94	1,88	1,88	1,50	0,51	0,88	0,38	0,63	1,00	1,63	2,00	1,50	1,747E+03	1,594E-10
Trigo	1,00	1,00	1,13	5,25	1,13	1,88	3,00	3,13	2,25	1,50	1,75	0,94	1,88	1,88	1,50	0,51	0,88	0,38	0,63	1,00	1,63	2,00	1,50	1,747E+03	1,594E-10
Soja	0,89	0,89	1,00	4,67	1,00	1,67	2,67	2,78	2,00	1,33	1,56	0,83	1,67	1,67	1,33	0,46	0,78	0,33	0,56	0,89	1,44	1,78	1,33	1,164E+02	1,061E-11
Fresa	0,19	0,19	0,21	1,00	0,21	0,36	0,57	0,60	0,43	0,29	0,33	0,18	0,36	0,36	0,29	0,10	0,17	0,07	0,12	0,19	0,31	0,38	0,29	4,772E-14	4,352E-27
Melón	0,89	0,89	1,00	4,67	1,00	1,67	2,67	2,78	2,00	1,33	1,56	0,83	1,67	1,67	1,33	0,46	0,78	0,33	0,56	0,89	1,44	1,78	1,33	1,164E+02	1,061E-11
Tomate	0,53	0,53	0,60	2,80	0,60	1,00	1,60	1,67	1,20	0,80	0,93	0,50	1,00	1,00	0,80	0,27	0,47	0,20	0,33	0,53	0,87	1,07	0,80	9,191E-04	8,382E-17
Pimiento	0,33	0,33	0,38	1,75	0,38	0,63	1,00	1,04	0,75	0,50	0,58	0,31	0,63	0,63	0,50	0,17	0,29	0,13	0,21	0,33	0,54	0,67	0,50	1,856E-08	1,693E-21
Pepino	0,32	0,32	0,36	1,68	0,36	0,60	0,96	1,00	0,72	0,48	0,56	0,30	0,60	0,60	0,48	0,16	0,28	0,12	0,20	0,32	0,52	0,64	0,48	7,259E-09	6,620E-22
Cebolla	0,44	0,44	0,50	2,33	0,50	0,83	1,33	1,39	1,00	0,67	0,78	0,42	0,83	0,83	0,67	0,23	0,39	0,17	0,28	0,44	0,72	0,89	0,67	1,387E-05	1,265E-18
Calabacín	0,67	0,67	0,75	3,50	0,75	1,25	2,00	2,08	1,50	1,00	1,17	0,63	1,25	1,25	1,00	0,34	0,58	0,25	0,42	0,67	1,08	1,33	1,00	1,557E-01	1,420E-14
Calabaza	0,57	0,57	0,64	3,00	0,64	1,07	1,71	1,79	1,29	0,86	1,00	0,54	1,07	1,07	0,86	0,29	0,50	0,21	0,36	0,57	0,93	1,14	0,86	4,493E-03	4,097E-16
Brócoli	1,07	1,07	1,20	5,60	1,20	2,00	3,20	3,33	2,40	1,60	1,87	1,00	2,00	2,00	1,60	0,55	0,93	0,40	0,67	1,07	1,73	2,13	1,60	7,710E+03	7,031E-10
Coliflor	0,53	0,53	0,60	2,80	0,60	1,00	1,60	1,67	1,20	0,80	0,93	0,50	1,00	1,00	0,80	0,27	0,47	0,20	0,33	0,53	0,87	1,07	0,80	9,191E-04	8,382E-17
Maíz	0,53	0,53	0,60	2,80	0,60	1,00	1,60	1,67	1,20	0,80	0,93	0,50	1,00	1,00	0,80	0,27	0,47	0,20	0,33	0,53	0,87	1,07	0,80	9,191E-04	8,382E-17
Ajo	0,67	0,67	0,75	3,50	0,75	1,25	2,00	2,08	1,50	1,00	1,17	0,63	1,25	1,25	1,00	0,34	0,58	0,25	0,42	0,67	1,08	1,33	1,00	1,557E-01	1,420E-14
Lechuga	1,95	1,95	2,20	10,24	2,20	3,66	5,85	6,10	4,39	2,93	3,41	1,83	3,66	3,66	2,93	1,00	1,71	0,73	1,22	1,95	3,17	3,90	2,93	8,307E+09	7,576E-04
Patata	1,14	1,14	1,29	6,00	1,29	2,14	3,43	3,57	2,57	1,71	2,00	1,07	2,14	2,14	1,71	0,59	1,00	0,43	0,71	1,14	1,86	2,29	1,71	3,769E+04	3,437E-09
Espinaca	2,67	2,67	3,00	14,00	3,00	5,00	8,00	8,33	6,00	4,00	4,67	2,50	5,00	5,00	4,00	1,37	2,33	1,00	1,67	2,67	4,33	5,33	4,00	1,096E+13	9,992E-01
Rábano	1,60	1,60	1,80	8,40	1,80	3,00	4,80	5,00	3,60	2,40	2,80	1,50	3,00	3,00	2,40	0,82	1,40	0,60	1,00	1,60	2,60	3,20	2,40	8,653E+07	7,891E-06
Zanahoria	1,00	1,00	1,13	5,25	1,13	1,88	3,00	3,13	2,25	1,50	1,75	0,94	1,88	1,88	1,50	0,51	0,88	0,38	0,63	1,00	1,63	2,00	1,50	1,747E+03	1,594E-10
Remolacha	0,62	0,62	0,69	3,23	0,69	1,15	1,85	1,92	1,38	0,92	1,08	0,58	1,15	1,15	0,92	0,32	0,54	0,23	0,38	0,62	1,00	1,23	0,92	2,470E-02	2,253E-15
Garbanzo	0,50	0,50	0,56	2,63	0,56	0,94	1,50	1,56	1,13	0,75	0,88	0,47	0,94	0,94	0,75	0,26	0,44	0,19	0,31	0,50	0,81	1,00	0,75	2,083E-04	1,900E-17
Lenteja	0,67	0,67	0,75	3,50	0,75	1,25	2,00	2,08	1,50	1,00	1,17	0,63	1,25	1,25	1,00	0,34	0,58	0,25	0,42	0,67	1,08	1,33	1,00	1,557E-01	1,420E-14
Σ pesos																							1,097E+13	1	

Tabla 7. Matriz y pesos para las diferentes alternativas del atributo "Ciclo de cultivo". Fuente: elaboración propia.

(RSS_ACM_PAG/pag)



% de partes comestibles	Arroz	Trigo	Soja	Fresa	Melón	Tomate	Pimiento	Pepino	Cebolla	Calabacín	Calabaza	Brócoli	Coliflor	Maíz	Ajo	Lechuga	Patata	Espinaca	Rábano	Zanahoria	Remolacha	Garbanzo	Lenteja	W	W norm.
Arroz	1,00	1,00	1,50	3,00	0,60	1,00	0,75	1,00	0,43	0,75	1,00	1,00	1,00	1,50	0,43	0,43	0,43	0,33	0,50	0,43	0,75	1,50	1,50	9,218E-03	1,046E-11
Trigo	1,00	1,00	1,50	3,00	0,60	1,00	0,75	1,00	0,43	0,75	1,00	1,00	1,00	1,50	0,43	0,43	0,43	0,33	0,50	0,43	0,75	1,50	1,50	9,218E-03	1,046E-11
Soja	0,67	0,67	1,00	2,00	0,40	0,67	0,50	0,67	0,29	0,50	0,67	0,67	0,67	1,00	0,29	0,29	0,29	0,22	0,33	0,29	0,50	1,00	1,00	8,213E-07	9,320E-16
Fresa	0,33	0,33	0,50	1,00	0,20	0,33	0,25	0,33	0,14	0,25	0,33	0,33	0,33	0,50	0,14	0,14	0,14	0,11	0,17	0,14	0,25	0,50	0,50	9,791E-14	1,111E-22
Melón	1,67	1,67	2,50	5,00	1,00	1,67	1,25	1,67	0,71	1,25	1,67	1,67	1,67	2,50	0,71	0,71	0,71	0,56	0,83	0,71	1,25	2,50	2,50	1,167E+03	1,324E-06
Tomate	1,00	1,00	1,50	3,00	0,60	1,00	0,75	1,00	0,43	0,75	1,00	1,00	1,00	1,50	0,43	0,43	0,43	0,33	0,50	0,43	0,75	1,50	1,50	9,218E-03	1,046E-11
Pimiento	1,33	1,33	2,00	4,00	0,80	1,33	1,00	1,33	0,57	1,00	1,33	1,33	1,33	2,00	0,57	0,57	0,57	0,44	0,66	0,57	1,00	2,00	2,00	6,890E+00	7,818E-09
Pepino	1,00	1,00	1,50	3,00	0,60	1,00	0,75	1,00	0,43	0,75	1,00	1,00	1,00	1,50	0,43	0,43	0,43	0,33	0,50	0,43	0,75	1,50	1,50	9,218E-03	1,046E-11
Cebolla	2,33	2,33	3,50	7,00	1,40	2,33	1,75	2,33	1,00	1,75	2,33	2,33	2,33	3,50	1,00	1,00	1,00	0,78	1,16	1,00	1,75	3,50	3,50	2,680E+06	3,041E-03
Calabacín	1,33	1,33	2,00	4,00	0,80	1,33	1,00	1,33	0,57	1,00	1,33	1,33	1,33	2,00	0,57	0,57	0,57	0,44	0,66	0,57	1,00	2,00	2,00	6,890E+00	7,818E-09
Calabaza	1,00	1,00	1,50	3,00	0,60	1,00	0,75	1,00	0,43	0,75	1,00	1,00	1,00	1,50	0,43	0,43	0,43	0,33	0,50	0,43	0,75	1,50	1,50	9,218E-03	1,046E-11
Brócoli	1,00	1,00	1,50	3,00	0,60	1,00	0,75	1,00	0,43	0,75	1,00	1,00	1,00	1,50	0,43	0,43	0,43	0,33	0,50	0,43	0,75	1,50	1,50	9,218E-03	1,046E-11
Coliflor	1,00	1,00	1,50	3,00	0,60	1,00	0,75	1,00	0,43	0,75	1,00	1,00	1,00	1,50	0,43	0,43	0,43	0,33	0,50	0,43	0,75	1,50	1,50	9,218E-03	1,046E-11
Maíz	0,67	0,67	1,00	2,00	0,40	0,67	0,50	0,67	0,29	0,50	0,67	0,67	0,67	1,00	0,29	0,29	0,29	0,22	0,33	0,29	0,50	1,00	1,00	8,213E-07	9,320E-16
Ajo	2,33	2,33	3,50	7,00	1,40	2,33	1,75	2,33	1,00	1,75	2,33	2,33	2,33	3,50	1,00	1,00	1,00	0,78	1,16	1,00	1,75	3,50	3,50	2,680E+06	3,041E-03
Lechuga	2,33	2,33	3,50	7,00	1,40	2,33	1,75	2,33	1,00	1,75	2,33	2,33	2,33	3,50	1,00	1,00	1,00	0,78	1,16	1,00	1,75	3,50	3,50	2,680E+06	3,041E-03
Patata	2,33	2,33	3,50	7,00	1,40	2,33	1,75	2,33	1,00	1,75	2,33	2,33	2,33	3,50	1,00	1,00	1,00	0,78	1,16	1,00	1,75	3,50	3,50	2,680E+06	3,041E-03
Espinaca	3,00	3,00	4,50	9,00	1,80	3,00	2,25	3,00	1,29	2,25	3,00	3,00	3,00	4,50	1,29	1,29	1,29	1,00	1,49	1,29	2,25	4,50	4,50	8,678E+08	9,847E-01
Rábano	2,01	2,01	3,02	6,03	1,21	2,01	1,51	2,01	0,86	1,51	2,01	2,01	2,01	3,02	0,86	0,86	0,86	0,67	1,00	0,86	1,51	3,02	3,02	8,672E+04	9,841E-05
Zanahoria	2,33	2,33	3,50	7,00	1,40	2,33	1,75	2,33	1,00	1,75	2,33	2,33	2,33	3,50	1,00	1,00	1,00	0,78	1,16	1,00	1,75	3,50	3,50	2,680E+06	3,041E-03
Remolacha	1,33	1,33	2,00	4,00	0,80	1,33	1,00	1,33	0,57	1,00	1,33	1,33	1,33	2,00	0,57	0,57	0,57	0,44	0,66	0,57	1,00	2,00	2,00	6,890E+00	7,818E-09
Garbanzo	0,67	0,67	1,00	2,00	0,40	0,67	0,50	0,67	0,29	0,50	0,67	0,67	0,67	1,00	0,29	0,29	0,29	0,22	0,33	0,29	0,50	1,00	1,00	8,213E-07	9,320E-16
Lenteja	0,67	0,67	1,00	2,00	0,40	0,67	0,50	0,67	0,29	0,50	0,67	0,67	0,67	1,00	0,29	0,29	0,29	0,22	0,33	0,29	0,50	1,00	1,00	8,213E-07	9,320E-16
																							Σ pesos	8,813E+08	1

Tabla 8. Matriz y pesos para las diferentes alternativas del atributo "% de partes comestibles". Fuente: elaboración propia.

(RSS_ACM_PAG/pag)



Espacio	Arroz	Trigo	Soja	Fresa	Melón	Tomate	Pimiento	Pepino	Cebolla	Calabacín	Calabaza	Brócoli	Coliflor	Maíz	Ajo	Lechuga	Patata	Espinaca	Rábano	Zanahoria	Remolacha	Garbanzo	Lenteja	W	W norm.
Arroz	1,0	1,00	0,60	4,0	14,4	11,2	12,8	14,4	0,15	14,4	14,4	4,8	4,8	5,4	0,13	0,9	1,4	0,13	0,08	0,13	1,8	1,0	1,0	9,614E+04	1,338E-26
Trigo	1,0	1,00	0,60	4,0	14,4	11,2	12,8	14,4	0,15	14,4	14,4	4,8	4,8	5,4	0,13	0,9	1,4	0,13	0,08	0,13	1,8	1,0	1,0	9,614E+04	1,338E-26
Soja	1,7	1,67	1,00	6,7	24,0	18,7	21,3	24,0	0,25	24,0	24,0	8,0	8,0	9,0	0,21	1,6	2,3	0,21	0,13	0,21	3,0	1,7	1,7	1,217E+10	1,694E-21
Fresa	0,3	0,25	0,15	1,0	3,6	2,8	3,2	3,6	0,04	3,6	3,6	1,2	1,2	1,4	0,03	0,2	0,4	0,03	0,02	0,03	0,5	0,3	0,3	1,366E-09	1,901E-40
Melón	0,1	0,07	0,04	0,3	1,0	0,8	0,9	1,0	0,01	1,0	1,0	0,3	0,3	0,4	0,01	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1	2,191E-22	3,048E-53
Tomate	0,1	0,09	0,05	0,4	1,3	1,0	1,1	1,3	0,01	1,3	1,3	0,4	0,4	0,5	0,01	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01	0,2	0,1	0,1	7,094E-20	9,872E-51
Pimiento	0,1	0,08	0,05	0,3	1,1	0,9	1,0	1,1	0,01	1,1	1,1	0,4	0,4	0,4	0,01	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1	3,289E-21	4,577E-52
Pepino	0,1	0,07	0,04	0,3	1,0	0,8	0,9	1,0	0,01	1,0	1,0	0,3	0,3	0,4	0,01	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1	2,191E-22	3,048E-53
Cebolla	6,7	6,67	4,00	26,7	96,0	74,7	85,3	96,0	1,00	96,0	96,0	32,0	32,0	36,0	0,83	6,3	9,4	0,83	0,50	0,83	12,0	6,7	6,7	8,567E+23	1,192E-07
Calabacín	0,1	0,07	0,04	0,3	1,0	0,8	0,9	1,0	0,01	1,0	1,0	0,3	0,3	0,4	0,01	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1	2,191E-22	3,048E-53
Calabaza	0,1	0,07	0,04	0,3	1,0	0,8	0,9	1,0	0,01	1,0	1,0	0,3	0,3	0,4	0,01	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1	2,191E-22	3,048E-53
Brócoli	0,2	0,21	0,13	0,8	3,0	2,3	2,7	3,0	0,03	3,0	3,0	1,0	1,0	1,1	0,03	0,2	0,3	0,03	0,02	0,03	0,4	0,2	0,2	2,062E-11	2,870E-42
Coliflor	0,2	0,21	0,13	0,8	3,0	2,3	2,7	3,0	0,03	3,0	3,0	1,0	1,0	1,1	0,03	0,2	0,3	0,03	0,02	0,03	0,4	0,2	0,2	2,062E-11	2,870E-42
Maíz	0,2	0,19	0,11	0,7	2,7	2,1	2,4	2,7	0,03	2,7	2,7	0,9	0,9	1,0	0,02	0,2	0,3	0,02	0,01	0,02	0,3	0,2	0,2	1,374E-12	1,911E-43
Ajo	8,0	8,00	4,80	32,0	115,2	89,6	102,4	115,2	1,20	115,2	115,2	38,4	38,4	43,2	1,00	7,5	11,2	1,00	0,60	1,00	14,4	8,0	8,0	5,675E+25	7,897E-06
Lechuga	1,1	1,06	0,64	4,3	15,3	11,9	13,6	15,3	0,16	15,3	15,3	5,1	5,1	5,7	0,13	1,0	1,5	0,13	0,08	0,13	1,9	1,1	1,1	3,990E+05	5,552E-26
Patata	0,7	0,71	0,43	2,8	10,2	8,0	9,1	10,2	0,11	10,2	10,2	3,4	3,4	3,8	0,09	0,7	1,0	0,09	0,05	0,09	1,3	0,7	0,7	3,858E+01	5,368E-30
Espinaca	8,0	8,00	4,80	32,0	115,2	89,6	102,4	115,2	1,20	115,2	115,2	38,4	38,4	43,2	1,00	7,5	11,2	1,00	0,60	1,00	14,4	8,0	8,0	5,675E+25	7,897E-06
Rábano	13,3	13,33	8,00	53,3	192,0	149,3	170,7	192,0	2,00	192,0	192,0	64,0	64,0	72,0	1,67	12,5	18,7	1,67	1,00	1,67	24,0	13,3	13,3	7,186E+30	1,000E+00
Zanahoria	8,0	8,00	4,80	32,0	115,2	89,6	102,4	115,2	1,20	115,2	115,2	38,4	38,4	43,2	1,00	7,5	11,2	1,00	0,60	1,00	14,4	8,0	8,0	5,675E+25	7,897E-06
Remolacha	0,6	0,56	0,33	2,2	8,0	6,2	7,1	8,0	0,08	8,0	8,0	2,7	2,7	3,0	0,07	0,5	0,8	0,07	0,04	0,07	1,0	0,6	0,6	1,293E-01	1,799E-32
Garbanzo	1,0	1,00	0,60	4,0	14,4	11,2	12,8	14,4	0,15	14,4	14,4	4,8	4,8	5,4	0,13	0,9	1,4	0,13	0,08	0,13	1,8	1,0	1,0	9,614E+04	1,338E-26
Lenteja	1,0	1,00	0,60	4,0	14,4	11,2	12,8	14,4	0,15	14,4	14,4	4,8	4,8	5,4	0,13	0,9	1,4	0,13	0,08	0,13	1,8	1,0	1,0	9,614E+04	1,338E-26
																							\sum pesos	7,187E+30	1

Tabla 9. Matriz y pesos para las diferentes alternativas del atributo "Espacio". Fuente: elaboración propia.

(RSS_ACM_PAG/pag)



Aporte nutritivo	Arroz	Trigo	Soja	Fresa	Melón	Tomate	Pimiento	Pepino	Cebolla	Calabacín	Calabaza	Brócoli	Coliflor	Maíz	Ajo	Lechuga	Patata	Espinaca	Rábano	Zanahoria	Remolacha	Garbanzo	Lenteja	W	W norm.
Arroz	1,00	1,19	8,23	9,78	10,34	16,45	16,45	30,17	7,70	15,74	12,48	10,97	12,07	4,21	2,60	20,45	4,53	11,31	18,10	8,62	9,05	1,00	1,08	2,830E+19	4,678E-01
Trigo	0,84	1,00	6,93	8,24	8,71	13,86	13,86	25,42	6,49	13,26	10,52	9,24	10,17	3,55	2,19	17,23	3,81	9,53	15,25	7,26	7,63	0,84	0,91	5,500E+17	9,091E-03
Soja	0,12	0,14	1,00	1,19	1,26	2,00	2,00	3,67	0,94	1,91	1,52	1,33	1,47	0,51	0,32	2,49	0,55	1,38	2,20	1,05	1,10	0,12	0,13	2,517E-02	4,160E-22
Fresa	0,10	0,12	0,84	1,00	1,06	1,68	1,68	3,08	0,79	1,61	1,28	1,12	1,23	0,43	0,27	2,09	0,46	1,16	1,85	0,88	0,93	0,10	0,11	4,679E-04	7,733E-24
Melón	0,10	0,11	0,80	0,95	1,00	1,59	1,59	2,92	0,74	1,52	1,21	1,06	1,17	0,41	0,25	1,98	0,44	1,09	1,75	0,83	0,88	0,10	0,10	1,303E-04	2,154E-24
Tomate	0,06	0,07	0,50	0,59	0,63	1,00	1,00	1,83	0,47	0,96	0,76	0,67	0,73	0,26	0,16	1,24	0,28	0,69	1,10	0,52	0,55	0,06	0,07	3,000E-09	4,960E-29
Pimiento	0,06	0,07	0,50	0,59	0,63	1,00	1,00	1,83	0,47	0,96	0,76	0,67	0,73	0,26	0,16	1,24	0,28	0,69	1,10	0,52	0,55	0,06	0,07	3,000E-09	4,960E-29
Pepino	0,03	0,04	0,27	0,32	0,34	0,55	0,55	1,00	0,26	0,52	0,41	0,36	0,40	0,14	0,09	0,68	0,15	0,38	0,60	0,29	0,30	0,03	0,04	2,646E-15	4,374E-35
Cebolla	0,13	0,15	1,07	1,27	1,34	2,14	2,14	3,92	1,00	2,04	1,62	1,42	1,57	0,55	0,34	2,66	0,59	1,47	2,35	1,12	1,18	0,13	0,14	1,147E-01	1,897E-21
Calabacín	0,06	0,08	0,52	0,62	0,66	1,05	1,05	1,92	0,49	1,00	0,79	0,70	0,77	0,27	0,17	1,30	0,29	0,72	1,15	0,55	0,58	0,06	0,07	8,341E-09	1,379E-28
Calabaza	0,08	0,10	0,66	0,78	0,83	1,32	1,32	2,42	0,62	1,26	1,00	0,88	0,97	0,34	0,21	1,64	0,36	0,91	1,45	0,69	0,73	0,08	0,09	1,724E-06	2,850E-26
Brócoli	0,09	0,11	0,75	0,89	0,94	1,50	1,50	2,75	0,70	1,43	1,14	1,00	1,10	0,38	0,24	1,86	0,41	1,03	1,65	0,79	0,83	0,09	0,10	3,367E-05	5,566E-25
Coliflor	0,08	0,10	0,68	0,81	0,86	1,36	1,36	2,50	0,64	1,30	1,03	0,91	1,00	0,35	0,22	1,69	0,38	0,94	1,50	0,71	0,75	0,08	0,09	3,761E-06	6,216E-26
Maíz	0,24	0,28	1,95	2,32	2,46	3,91	3,91	7,17	1,83	3,74	2,97	2,61	2,87	1,00	0,62	4,86	1,08	2,69	4,30	2,05	2,15	0,24	0,26	1,244E+05	2,057E-15
Ajo	0,38	0,46	3,16	3,76	3,97	6,32	6,32	11,58	2,96	6,04	4,79	4,21	4,63	1,62	1,00	7,85	1,74	4,34	6,95	3,31	3,48	0,39	0,41	7,777E+09	1,285E-10
Lechuga	0,05	0,06	0,40	0,48	0,51	0,80	0,80	1,48	0,38	0,77	0,61	0,54	0,59	0,21	0,13	1,00	0,22	0,55	0,89	0,42	0,44	0,05	0,05	2,018E-11	3,335E-31
Patata	0,22	0,26	1,82	2,16	2,29	3,64	3,64	6,67	1,70	3,48	2,76	2,42	2,67	0,93	0,58	4,52	1,00	2,50	4,00	1,90	2,00	0,22	0,24	2,358E+04	3,898E-16
Espinaca	0,09	0,10	0,73	0,86	0,91	1,45	1,45	2,67	0,68	1,39	1,10	0,97	1,07	0,37	0,23	1,81	0,40	1,00	1,60	0,76	0,80	0,09	0,10	1,659E-05	2,743E-25
Rábano	0,06	0,07	0,45	0,54	0,57	0,91	0,91	1,67	0,43	0,87	0,69	0,61	0,67	0,23	0,14	1,13	0,25	0,63	1,00	0,48	0,50	0,06	0,06	3,351E-10	5,539E-30
Zanahoria	0,12	0,14	0,95	1,14	1,20	1,91	1,91	3,50	0,89	1,83	1,45	1,27	1,40	0,49	0,30	2,37	0,53	1,31	2,10	1,00	1,05	0,12	0,13	8,634E-03	1,427E-22
Remolacha	0,11	0,13	0,91	1,08	1,14	1,82	1,82	3,33	0,85	1,74	1,38	1,21	1,33	0,47	0,29	2,26	0,50	1,25	2,00	0,95	1,00	0,11	0,12	2,811E-03	4,646E-23
Garbanzo	1,00	1,18	8,20	9,76	10,31	16,41	16,41	30,08	7,68	15,70	12,45	10,94	12,03	4,20	2,60	20,40	4,51	11,28	18,05	8,60	9,03	1,00	1,07	2,655E+19	4,389E-01
Lenteja	0,93	1,10	7,64	9,08	9,60	15,27	15,27	28,00	7,15	14,61	11,59	10,18	11,20	3,91	2,42	18,98	4,20	10,50	16,80	8,00	8,40	0,93	1,00	5,097E+18	8,424E-02
																							\sum pesos	6,050E+19	1

Tabla 10. Matriz y pesos para las diferentes alternativas del atributo "Aporte nutritivo". Fuente: elaboración propia.

(RSS_ACM_PAG/pag)



Resistencia a plagas y enf.	Arroz	Trigo	Soja	Fresa	Melón	Tomate	Pimiento	Pepino	Cebolla	Calabacín	Calabaza	Brócoli	Coliflor	Maíz	Ajo	Lechuga	Patata	Espinaca	Rábano	Zanahoria	Remolacha	Garbanzo	Lenteja	W	W norm.
Arroz	1,00	0,88	1,00	7,00	2,33	3,50	3,50	2,33	1,17	3,50	1,40	1,75	1,75	1,17	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00	1,00	1,17	1,17	1,00	2,226E+04	3,486E-02
Trigo	1,14	1,00	1,14	8,00	2,67	4,00	4,00	2,67	1,33	4,00	1,60	2,00	2,00	1,33	1,14	1,60	1,14	1,60	1,14	1,14	1,33	1,33	1,14	4,801E+05	7,519E-01
Soja	1,00	0,88	1,00	7,00	2,33	3,50	3,50	2,33	1,17	3,50	1,40	1,75	1,75	1,17	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00	1,00	1,17	1,17	1,00	2,226E+04	3,486E-02
Fresa	0,14	0,13	0,14	1,00	0,33	0,50	0,50	0,33	0,17	0,50	0,20	0,25	0,25	0,17	0,14	0,20	0,14	0,20	0,14	0,14	0,17	0,17	0,14	8,133E-16	1,274E-21
Melón	0,43	0,38	0,43	3,00	1,00	1,50	1,50	1,00	0,50	1,50	0,60	0,75	0,75	0,50	0,43	0,60	0,43	0,60	0,43	0,43	0,50	0,50	0,43	7,657E-05	1,199E-10
Tomate	0,29	0,25	0,29	2,00	0,67	1,00	1,00	0,67	0,33	1,00	0,40	0,50	0,50	0,33	0,29	0,40	0,29	0,40	0,29	0,29	0,33	0,33	0,29	6,823E-09	1,069E-14
Pimiento	0,29	0,25	0,29	2,00	0,67	1,00	1,00	0,67	0,33	1,00	0,40	0,50	0,50	0,33	0,29	0,40	0,29	0,40	0,29	0,29	0,33	0,33	0,29	6,823E-09	1,069E-14
Pepino	0,43	0,38	0,43	3,00	1,00	1,50	1,50	1,00	0,50	1,50	0,60	0,75	0,75	0,50	0,43	0,60	0,43	0,60	0,43	0,43	0,50	0,50	0,43	7,657E-05	1,199E-10
Cebolla	0,86	0,75	0,86	6,00	2,00	3,00	3,00	2,00	1,00	3,00	1,20	1,50	1,50	1,00	0,86	1,20	0,86	1,20	0,86	0,86	1,00	1,00	0,86	6,423E+02	1,006E-03
Calabacín	0,29	0,25	0,29	2,00	0,67	1,00	1,00	0,67	0,33	1,00	0,40	0,50	0,50	0,33	0,29	0,40	0,29	0,40	0,29	0,29	0,33	0,33	0,29	6,823E-09	1,069E-14
Calabaza	0,71	0,63	0,71	5,00	1,67	2,50	2,50	1,67	0,83	2,50	1,00	1,25	1,25	0,83	0,71	1,00	0,71	1,00	0,71	0,71	0,83	0,83	0,71	9,695E+00	1,518E-05
Brócoli	0,57	0,50	0,57	4,00	1,33	2,00	2,00	1,33	0,67	2,00	0,80	1,00	1,00	0,67	0,57	0,80	0,57	0,80	0,57	0,57	0,67	0,67	0,57	5,723E-02	8,963E-08
Coliflor	0,57	0,50	0,57	4,00	1,33	2,00	2,00	1,33	0,67	2,00	0,80	1,00	1,00	0,67	0,57	0,80	0,57	0,80	0,57	0,57	0,67	0,67	0,57	5,723E-02	8,963E-08
Maíz	0,86	0,75	0,86	6,00	2,00	3,00	3,00	2,00	1,00	3,00	1,20	1,50	1,50	1,00	0,86	1,20	0,86	1,20	0,86	0,86	1,00	1,00	0,86	6,423E+02	1,006E-03
Ajo	1,00	0,88	1,00	7,00	2,33	3,50	3,50	2,33	1,17	3,50	1,40	1,75	1,75	1,17	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00	1,00	1,17	1,17	1,00	2,226E+04	3,486E-02
Lechuga	0,71	0,63	0,71	5,00	1,67	2,50	2,50	1,67	0,83	2,50	1,00	1,25	1,25	0,83	0,71	1,00	0,71	1,00	0,71	0,71	0,83	0,83	0,71	9,695E+00	1,518E-05
Patata	1,00	0,88	1,00	7,00	2,33	3,50	3,50	2,33	1,17	3,50	1,40	1,75	1,75	1,17	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00	1,00	1,17	1,17	1,00	2,226E+04	3,486E-02
Espinaca	0,71	0,63	0,71	5,00	1,67	2,50	2,50	1,67	0,83	2,50	1,00	1,25	1,25	0,83	0,71	1,00	0,71	1,00	0,71	0,71	0,83	0,83	0,71	9,695E+00	1,518E-05
Rábano	1,00	0,88	1,00	7,00	2,33	3,50	3,50	2,33	1,17	3,50	1,40	1,75	1,75	1,17	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00	1,00	1,17	1,17	1,00	2,226E+04	3,486E-02
Zanahoria	1,00	0,88	1,00	7,00	2,33	3,50	3,50	2,33	1,17	3,50	1,40	1,75	1,75	1,17	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00	1,00	1,17	1,17	1,00	2,226E+04	3,486E-02
Remolacha	0,86	0,75	0,86	6,00	2,00	3,00	3,00	2,00	1,00	3,00	1,20	1,50	1,50	1,00	0,86	1,20	0,86	1,20	0,86	0,86	1,00	1,00	0,86	6,423E+02	1,006E-03
Garbanzo	0,86	0,75	0,86	6,00	2,00	3,00	3,00	2,00	1,00	3,00	1,20	1,50	1,50	1,00	0,86	1,20	0,86	1,20	0,86	0,86	1,00	1,00	0,86	6,423E+02	1,006E-03
Lenteja	1,00	0,88	1,00	7,00	2,33	3,50	3,50	2,33	1,17	3,50	1,40	1,75	1,75	1,17	1,00	1,40	1,00	1,40	1,00	1,00	1,17	1,17	1,00	2,226E+04	3,486E-02
																							\sum pesos	6,385E+05	1

Tabla 11. Matriz y pesos para las diferentes alternativas del atributo "Resistencia a plagas y enfermedades". Fuente: elaboración propia.

(RSS_ACM_PAG/pag)



	Requerimientos energéticos	Ciclo de cultivo	Porcentaje de partes comestibles	Espacio	Aporte nutritivo	Resistencia a plagas y enfermedades	Peso global
Pesos pref.	0,245605433	0,043255	0,061798657	0,13846	0,50257	0,008307302	
Arroz	0,001125918	1,59E-10	1,04596E-11	1,3E-26	0,46775	0,034861455	0,23564483
Trigo	1,69957E-05	1,59E-10	1,04596E-11	1,3E-26	0,00909	0,751900349	0,0304647
Soja	1,69957E-05	1,06E-11	9,31997E-16	1,7E-21	4,2E-22	0,034861455	0,02621234
Fresa	1,3422E-10	4,35E-27	1,11103E-22	1,9E-40	7,7E-24	1,27377E-21	2,2812E-15
Melón	1,19596E-14	1,06E-11	1,32445E-06	3E-53	2,2E-24	1,19917E-10	1,6054E-24
Tomate	1,19596E-14	8,38E-17	1,04596E-11	9,9E-51	5E-29	1,06851E-14	1,3853E-17
Pimiento	1,3422E-10	1,69E-21	7,81816E-09	4,6E-52	5E-29	1,06851E-14	8,1776E-20
Pepino	1,19596E-14	6,62E-22	1,04596E-11	3E-53	4,4E-35	1,19917E-10	8,1777E-20
Cebolla	0,03901961	1,27E-18	0,003040742	1,2E-07	1,9E-21	0,001005934	1,529E-13
Calabacín	1,3422E-10	1,42E-14	7,81816E-09	3E-53	1,4E-28	1,06851E-14	2,901E-11
Calabaza	1,00325E-07	4,1E-16	1,04596E-11	3E-53	2,9E-26	1,51845E-05	1,371E-17
Brócoli	1,00325E-07	7,03E-10	1,04596E-11	2,9E-42	5,6E-25	8,96335E-08	1,3711E-12
Coliflor	1,00325E-07	8,38E-17	1,04596E-11	2,9E-42	6,2E-26	8,96335E-08	1,8099E-14
Maíz	1,3422E-10	8,38E-17	9,31997E-16	1,9E-43	2,1E-15	0,001005934	9,0165E-11
Ajo	0,841584446	1,42E-14	0,003040742	7,9E-06	1,3E-10	0,034861455	3,5068E-05
Lechuga	1,69957E-05	0,000758	0,003040742	5,6E-26	3,3E-31	1,51845E-05	2,4079E-05
Patata	0,001125918	3,44E-09	0,003040742	5,4E-30	3,9E-16	0,034861455	9,7946E-06
Espinaca	0,03901961	0,999235	0,984696534	7,9E-06	2,7E-25	1,51845E-05	0,00303867
Rábano	0,03901961	7,89E-06	9,84063E-05	0,99998	5,5E-30	0,034861455	0,00163574
Zanahoria	0,03901961	1,59E-10	0,003040742	7,9E-06	1,4E-22	0,034861455	0,00274605
Remolacha	1,3422E-10	2,25E-15	7,81816E-09	1,8E-32	4,6E-23	0,001005934	3,5068E-05
Garbanzo	1,69957E-05	1,9E-17	9,31997E-16	1,3E-26	0,43892	0,001005934	1,0119E-06
Lenteja	1,69957E-05	1,42E-14	9,31997E-16	1,3E-26	0,08424	0,034861455	0,0370097

Tabla 12. Cálculo de los pesos globales por agregación multiplicativa entre niveles jerárquicos. Fuente: elaboración propia.

Como resultado hemos obtenido que las variedades con mayor puntuación en el análisis multicriterio han sido arroz, lenteja, trigo, soja, espinaca, zanahoria y rábano por este orden.



3. Porcentaje de cada variedad

3.1 Definición de atributos II

En la elección de la proporción en la que cada especie debiera plantarse intervienen los siguientes criterios:

- **Espacio**
- **Aporte nutritivo.** La preparación de la dieta por medio de los grupos básicos de los alimentos, además de emplear alimentos de diverso origen y naturaleza, asegura el aporte de todos los nutrientes en cantidades apropiadas para distintas necesidades y situaciones fisiológicas para grupo de edad, sexo, actividad física.

En general es necesario cumplir los siguientes objetivos:

- Aportar una cantidad de nutrientes energéticos (calorías) que sea suficiente para llevar los procesos metabólicos y de trabajo físico necesarios. Se recomienda 2400 Kcal/persona y día.
- Que las cantidades de cada nutriente estén equilibradas con el resto
- Las proteínas no deben ser menores de un 15% del aporte calórico total. Deben ser proteínas de alto valor biológico
- Los glúcidos aportarán, al menos, entre un 50-70% del aporte calórico total.
- Los lípidos no serán más del 30% de las calorías totales ingeridas.

3.2 Alternativas

Alternativa 1

En esta alternativa se propone un porcentaje de cultivo igual para las siete especies, el 14,29%.

	Valor nutricional					Dieta (1kg/diario)			
	Carbohidratos (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Grasas (g/100g)	Energía (cal/100g)	Porcentaje	Carbohidratos (g)	Proteínas (g)	Grasas (g)	Energía (cal)
Arroz	76,9	6,2	0,8	351	14,29%	109,86	8,86	1,14	485,14
Trigo	70	16	2	305	14,29%	100,00	22,86	2,86	517,14
Soja	30	35	18	422	14,29%	42,86	50,00	25,71	602,86
Espinaca	4,3	3,77	0,65	26	14,29%	6,14	5,39	0,93	54,47
Rábano	2,44	0,86	1	16	14,29%	3,49	1,23	1,43	31,71
Zanahoria	10,1	0	0,2	40	14,29%	14,43	0,00	0,29	60,29
Lentejas	65	0	2,5	325	14,29%	92,86	0,00	3,57	403,57
Total					100,00%	369,63	88,33	35,93	2155,19

Tabla 13. Estudio de viabilidad de la alternativa 1. Fuente: elaboración propia.

Esta alternativa no cumple los requisitos energéticos mínimos de 2400kcal/persona y día, por lo que no se estudiará.

Alternativa 2

En la segunda alternativa se propone que tres cuartos del total a producir sean los cultivos herbáceos (arroz, soja y trigo). Estos, a su vez, a partes iguales, un 25% del total cada uno, y el resto poseen un porcentaje del 6,25%.

	Valor nutricional					Dieta (1kg/diario)				Espacio
	Carbohidratos (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Grasas (g/100g)	Energía (cal/100g)	Porcentaje	Carbohidratos (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Grasas (g/100g)	Energía (cal/100g)	Espacio necesario (m ³)
Arroz	76,9	6,2	0,8	351	25,00%	192,25	15,50	2,00	849,00	4,31
Trigo	70	16	2	305	25,00%	175,00	40,00	5,00	905,00	3,59
Soja	30	35	18	422	25,00%	75,00	87,50	45,00	1055,00	5,46
Espinaca	4,3	3,77	0,65	26	6,25%	2,69	2,36	0,41	23,83	0,08
Rábano	2,44	0,86	1	16	6,25%	1,53	0,54	0,63	13,88	0,08
Zanahoria	10,1	0	0,2	40	6,25%	6,31	0,00	0,13	26,38	0,14
Lentejas	65	0	2,5	325	6,25%	40,63	0,00	1,56	176,56	2,02
Total					100,00%	493,40	145,89	54,72	3049,64	15,69
					Energía (Kcal)	1973,60	583,58	492,47		
					% Energía	64,72%	19,14%	16,15%		

Tabla 14. Estudio de viabilidad de la alternativa 2. Fuente: elaboración propia.

Se observa en color rojo en la tabla 12 que la alternativa propuesta en este caso nos proporciona la energía necesaria para cada astronauta durante un día.

Alternativa 3

En esta alternativa la distribución se realiza de manera que las herbáceas en conjunto poseen un 65% del total y el resto un 8,75%.

	Valor nutricional					Dieta (1kg/diario)				Espacio
	Carbohidratos (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Grasas (g/100g)	Energía (cal/100g)	Porcentaje	Carbohidratos (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Grasas (g/100g)	Energía (cal/100g)	Espacio necesario (m3)
Arroz	76,9	6,2	0,8	351	21,67%	166,62	13,43	1,73	735,80	3,74
Trigo	70	16	2	305	21,67%	151,67	34,67	4,33	784,33	3,11
Soja	30	35	18	422	21,67%	65,00	75,83	39,00	914,33	4,73
Espinaca	4,3	3,77	0,65	26	8,75%	3,76	3,30	0,57	33,36	0,12
Rábano	2,44	0,86	1	16	8,75%	2,14	0,75	0,88	19,43	0,12
Zanahoria	10,1	0	0,2	40	8,75%	8,84	0,00	0,18	36,93	0,20
Lentejas	65	0	2,5	325	8,75%	56,88	0,00	2,19	247,19	2,83
Total					100,00%	454,89	127,98	48,87	2771,37	14,84
					Energía (Kcal)	1819,57	511,94	439,86		
					% Energía	65,66%	18,47%	15,87%		

Tabla 15. Estudio de viabilidad de la alternativa 3. Fuente: elaboración propia.

Al igual que en la alternativa propuesta anteriormente, se proporciona la energía necesaria para cada astronauta durante un día.

(RSS_ACM_PAG/pag)



Alternativa 4

En esta alternativa se prima la producción de trigo, un cuarto del total, el arroz y el trigo poseen un porcentaje del 17,5% cada uno y el resto un porcentaje del 8,75%, salvo la lenteja que tiene un 11,25%.

	Valor nutricional					Dieta (1kg/diario)				Espacio
	Carbohidratos (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Grasas (g/100g)	Energía (cal/100g)	Porcentaje	Carbohidratos (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Grasas (g/100g)	Energía (cal/100g)	Espacio necesario (m ³)
Arroz	76,9	6,2	0,8	351	17,50%	134,58	10,85	1,40	594,30	3,02
Trigo	70	16	2	305	25,00%	175,00	40,00	5,00	905,00	3,59
Soja	30	35	18	422	17,50%	52,50	61,25	31,50	738,50	3,82
Espinaca	4,3	3,77	0,65	26	8,75%	3,76	3,30	0,57	33,36	0,12
Rábano	2,44	0,86	1	16	8,75%	2,14	0,75	0,88	19,43	0,12
Zanahoria	10,1	0	0,2	40	8,75%	8,84	0,00	0,18	36,93	0,20
Lentejas	65	0	2,5	325	13,75%	89,38	0,00	3,44	388,44	4,45
Total					100,00%	466,19	116,15	42,96	2715,95	15,31
				Energía (Kcal)		1864,74	464,61	386,61		
				% Energía		68,66%	17,11%	14,23%		

Tabla 16. Estudio de viabilidad de la alternativa 4. Fuente: elaboración propia.

Al igual que en la alternativa propuesta anteriormente, se proporciona la energía necesaria para cada astronauta durante un día.

(RSS_ACM_PAG/pag)



Alternativa 5

Esta alternativa es similar a la anterior, solo se descuenta un poco el trigo, que queda en un 20%, la espinaca con un 15%, el rábano con un 10%, la zanahoria con un 8,75% y la lenteja con un 11,25%.

	Valor nutricional					Dieta (1kg/diario)				Espacio
	Carbohidratos (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Grasas (g/100g)	Energía (cal/100g)	Porcentaje	Carbohidratos (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Grasas (g/100g)	Energía (kcal/100g)	Espacio necesario (m ³)
Arroz	76,9	6,2	0,8	351	17,50%	134,58	10,85	1,40	594,30	3,02
Trigo	70	16	2	305	20,00%	140,00	32,00	4,00	724,00	2,87
Soja	30	35	18	422	17,50%	52,50	61,25	31,50	738,50	3,82
Espinaca	4,3	3,77	0,65	26	15,00%	6,45	5,66	0,98	57,20	0,20
Rábano	2,44	0,86	1	16	10,00%	2,44	0,86	1,00	22,20	0,13
Zanahoria	10,1	0	0,2	40	8,75%	8,84	0,00	0,18	36,93	0,20
Lentejas	65	0	2,5	325	11,25%	73,13	0,00	2,81	317,81	3,64
Total					100,00%	417,93	110,62	41,86	2490,93	13,89
				Energía (Kcal)		1671,71	442,46	376,76		
				% Energía		67,11%	17,76%	15,13%		

Tabla 17. Estudio de viabilidad de la alternativa 5. Fuente: elaboración propia.

Al igual que en la alternativa propuesta anteriormente, se proporciona la energía necesaria para cada astronauta durante un día.

(RSS_ACM_PAG/pag)



3.3 Análisis

A continuación se presentan los atributos que definen la elección de la alternativa en función de las consideraciones establecidas en el epígrafe anterior.

	Energía (Kcal)	Espacio (m ³)
Estrategia 2	3049,64	15,691
Estrategia 3	2771,37	14,844
Estrategia 4	2715,95	15,311
Estrategia 5	2490,93	13,886

Tabla 16. Atributos que definen la elección de la estrategia. Fuente: elaboración propia.

	Energía (Kcal)	1/Energía (Kcal)	Espacio (m ³)	1/Espacio (m ³)
Estrategia 2	1,00	1,00	1,000	1,000
Estrategia 3	0,91	1,10	0,946	1,057
Estrategia 4	0,89	1,12	0,976	1,025
Estrategia 5	0,82	1,22	0,885	1,130

Tabla 17. Atributos que definen la elección de la variedad normalizados. Fuente: elaboración propia.

Al igual que en el anterior análisis multicriterio, el método que hemos utilizado para la normalización ha sido el de dividir cada valor por el mejor de los valores.

La ponderación preferencial de los criterios ha sido como se indica:

Espacio > Requerimientos nutricionales (Energía)

Para determinar los pesos preferenciales recurrimos al autovector de Saaty (Tabla 18) en el que se reflejan los pesos normalizados de cada uno de los atributos siguiendo el orden establecido para los pesos preferenciales de acuerdo con las consideraciones oportunas del centro decisor.

	Energía (Kcal)	Espacio (m ³)	Pesos	Pesos Normalizados
Energía (Kcal)	1	0,5	0,84089642	0,414213562
Espacio (m ³)	2	1	1,18920712	0,585786438
		$\sum pesos$	2,03010353	1

Tabla 18. Autovector de Saaty para los pesos preferenciales de los atributos y los pesos normalizados. Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del peso preferencial de cada atributo hemos empleado la siguiente ecuación:

$$W_i = (a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n)^{1/4} \text{ para } i = 1, \dots, n$$

De la misma forma que en la elección de las variedades, las comparaciones entre alternativas se han realizado de forma numérica. En concreto, hemos establecido la proporcionalidad que existe entre ambas alternativas comparadas.

Energía	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4	Estrategia 5	Pesos	Pesos Normalizados
Estrategia 2	1	1,100411	1,12286395	1,224298029	1,10902747	0,276539053
Estrategia 3	0,90875136	1	1,02040415	1,112582503	1,00783023	0,251305241
Estrategia 4	0,89057984	0,98000386	1	1,090335146	0,98767751	0,246280106
Estrategia 5	0,81679458	0,89880975	0,91714919	1	0,90584763	0,225875601
				$\sum pesos$	4,01038284	1

Tabla 19. Matriz y pesos para las diferentes alternativas del atributo "Energía". Fuente: elaboración propia.

Espacio	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4	Estrategia 5	Pesos	Pesos Normalizados
Estrategia 2	1	1,05711405	1,02482195	1,130038111	1,05187913	0,262696318
Estrategia 3	0,94597173	1	0,96945259	1,068984101	0,99504792	0,248503289
Estrategia 4	0,97577925	1,03150996	1	1,102667745	1,02640183	0,256333617
Estrategia 5	0,88492591	0,93546761	0,9068915	1	0,93083509	0,232466777
				$\sum pesos$	4,00416397	1

Tabla 20. Matriz y pesos para las diferentes alternativas del atributo "Espacio". Fuente: elaboración propia.



Finalmente y, de acuerdo a las matrices obtenidas para cada una de las alternativas respecto de cada atributo llegamos a esta matriz final en la que según los pesos normalizados obtenidos en el análisis matemático de las diferentes alternativas llegamos a la conclusión de que la mejor alternativa es la segunda.

	Energía	Espacio	Peso global
Peso	0,41421356	0,58578644	
Estrategia 2	0,27653905	0,26269632	0,26843
Estrategia 3	0,25130524	0,24850329	0,2496639
Estrategia 4	0,24628011	0,25633362	0,25216932
Estrategia 5	0,2258756	0,23246678	0,22973662

Tabla 21. Cálculo de los pesos globales por agregación multiplicativa entre niveles jerárquicos. Fuente: elaboración propia.

La segunda alternativa o estrategia de plantación, en la que se propone que tres cuartos del total a producir sean los cultivos herbáceos (arroz, soja y trigo) y, éstos, a su vez, a partes iguales, un 25% del total cada uno, y el resto, que posean un porcentaje del 6,25%.

De todas formas, se puede observar de forma clara que las cuatro alternativas se sitúan en valores cercanos al 25% por lo que el análisis empleado no nos ofrece una alternativa claramente definida como sí ocurría en el realizado para la elección de especies.

Entendemos que en el análisis empleado para la elección de especies intervienen más atributos por lo que tenemos una gran deriva de los resultados hacia una solución o, en nuestro caso, un conjunto de soluciones como lo han sido la elección de siete variedades. Sin embargo, en este segundo análisis multicriterio, debido a que solo hemos tomado en cuenta dos atributos (entendemos que son los necesarios para definir el porcentaje de cada especie) vemos de manera notable que el discernimiento sobre la solución a adoptar es más difuso pero, a juzgar por los resultados numéricos obtenidos y si nos ceñimos al análisis puro y duro, escogeríamos la alternativa 2.