

**Vida Artificial**  
**Un Nuevo Orden basado en Hibridación**



**Oscar Andrés Fernández Urrego**

**Pontificia Universidad Javeriana**  
**Facultad de Arquitectura y Diseño**  
**Carrera de Diseño Industrial**  
**Bogotá D.C.**  
**2009**

**Vida Artificial**  
**Un Nuevo Orden basado en Hibridación**



Autor:  
**Oscar Andrés Fernández Urrego**

Presentado para optar al título de:  
**DISEÑADOR INDUSTRIAL**

Director:  
**Juan Carlos González Palacio**

**Pontificia Universidad Javeriana**  
**Facultad de Arquitectura y Diseño**  
**Carrera de Diseño Industrial**  
**Bogotá D.C. 2009**

**Nota de Advertencia:**

**Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946.**

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por qué no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por que las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

## TABLA DE CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	12
1.1. Título.....	12
1.2. Área temática.....	12
1.3. Problema.....	12
1.4. Descripción del proyecto.....	12
1.5. Objetivo general.....	13
1.6. Objetivos específicos.....	13
1.7. Alcances.....	13
2. ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA.....	14
3. JUSTIFICACION.....	15
4. HIPOTESIS.....	17
5. PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL.....	17
6. PROPUESTA PROYECTUAL.....	20
6.1. Propósito del proyecto.....	20
7. CASOS DE ESTUDIO.....	20
7.1. Las hormigas, su ecosistema y sus características.....	20
7.2. Individuo artificial y sintético.....	24
7.3. Hibridación y Evolución.....	26
7.4. Ecosistema natural y artificial.....	28
7.5. Umisus, individuo híbrido.....	28
7.6. Umisus individuo estructurado.....	29
8. ESTRUCTURA TÉCNICA DE UMISUS.....	31
8.1. Grabación y reproducción de ultrasonido.....	31
8.2. Captación, almacenamiento y distribución de energía calórica y eléctrica.....	33
9. DIAGNÓSTICO.....	37
10. BIBLIOGRAFÍA.....	38
11. ANEXOS.....	39

## **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **Título:**

Vida artificial, un nuevo orden basado en hibridación

### **Área temática:**

Diseño - Cibernética - Biología

### **Tema:**

Hibridación entre Vida Seca y Húmeda

### **Problema:**

¿Cómo generar estructuras asociativas a través de sistemas de diseño para posibilitar la creación y sostenimiento de vida?

### **Descripción del proyecto:**

El proyecto gira entorno a aquello que llamamos vida, a generarla y a controlarla, proponiendo nuevos conceptos, estructuras y sistemas mediante la reorganización de los elementos que la componen. Es una invitación a la ampliación de los campos que interviene el diseño, proponiéndole que haga parte del mundo de la cibernética, desbordando sus límites y construyendo nuevas conceptos que pueden ser aplicables a ciertos modelos de diseño existentes o futuros.

Mediante un enfoque sistémico, la aplicación de la cibernética y la bionomía se busca abrir una brecha dentro del manto de las ciencias de la complejidad tan grande como sea posible para introducir conceptos de diseño, que una vez integrados puedan darnos pistas contundentes para el desarrollo del proyecto cuyo propósito es a fin de cuentas, el de proponer un modelo formal apoyado en sistemas de simulación informáticos que cumpla con las características fundamentales que debe poseer cualquier organismo vivo. Se contempla y plantea la creación de dicho organismo desde una perspectiva mecanicista y animista desde la cual el proyecto toma forma, esperando obtener un cambio de mirada acerca de los sistemas vivos, artificiales y de lo que representa para los seres humanos una innovación tecnológica radical.

En síntesis, se busca generar un organismo (nuevo e híbrido), dentro de un ecosistema Natural el cual sea capaz de co-existir y co-evolucionar dentro del susodicho entorno, este nuevo organismo que es resultante de la

reorganización de los elementos encontrados en un sistema vivo y artificial es la suma de dos individuos que interactúan en un entorno determinado.

**Objetivo general:**

Generar estructuras asociativas entre seres vivos Artificiales y naturales que los lleven a concretar una hibridación específica basada en sus interacciones, creando así un nuevo individuo u organismo híbrido al que llamaremos “Umisus” , el cual vivirá dentro de un ecosistema determinado cambiando su orden y naturalizándose con el tiempo, modificando nuestra percepción del mundo que habitamos, haciéndonos recalcular la información previa que teníamos, analizándola y proponiendo nuevos conceptos de vida aplicables en cualquier área del conocimiento.

**Objetivos específicos:**

1. Explorar nuevos territorios para el diseño industrial, que al hacerse efectivo, pueda desbordar los límites en los que se encuentra actualmente.
2. Construir un marco conceptual claro en donde se especifiquen, relacionen y describan los conceptos menos triviales concernientes al Proyecto: Vida Artificial, un nuevo orden basado en hibridación.
3. Generar una estructura asociativa que me permita la hibridación de dos individuos diferentes, el primero perteneciente a la “Vida húmeda” y el segundo a la “Vida Seca”.
4. Consolidar una propuesta de diseño mediante la cual el marco teórico se materializa en función de un desarrollo tecnológico inminente.

**Alcances:**

1. Llevar al diseño industrial al campo de la cibernética, aplicando los conocimientos y estructuras propios de él para solucionar un problema perteneciente a un área del conocimiento atípica en su marco referencial.
2. Formalizar una investigación seria entorno al problema planteado, trabajando con conceptos y consignándola en un documento escrito.
3. Proponer un sistema teórico funcional estructurado de tal manera que me permita hibridar dos individuos, uno artificial y el otro natural, generando un nuevo ser.
  - 3.1. Realizar una simulación blanda con un nivel de complejidad básico de cómo establecer medios de comunicación entre los individuos (seres) natural/es y artificial/es por un canal específico.

4. Proponer un nuevo método para generar energía eléctrica como recurso renovable aprovechando los procesos de hibridación entre individuos naturales y artificiales.

## **ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA**

Desglosemos un poco la problemática en dos partes. En primer lugar encontramos el concepto de vida que es nuestro punto de partida y punto de llegada como si hiciésemos un viaje no lineal cuyo propósito es el de reconstruir posiciones, miradas y procesos. Sobre ella existen muchas premisas, algunas más triviales que otras, sin embargo es un problema que aparenta no tener solución. Como es de esperarse nuestra intención no es solucionar dicho dilema, en cambio es darle un sentido y significado específico, contundente dentro de un marco simbiótico que pueda darnos los elementos necesarios para desarrollar el proyecto.

En segundo lugar debemos contemplar la necesidad obvia que tiene el planeta de evolucionar, siendo un entorno macroscópico y altamente complejo. Nosotros, los Seres Humanos como parte del mismo tenemos la misión de facilitar dicha intención que siempre va a estar presente. En algún punto de la evolución humana el rumbo de los pensamientos simbióticos se perdió, quizás nunca existió y nos postramos como seres autónomos frente a los procesos naturales que sucedían simultánea y simbióticamente en la tierra. Ahora que replanteamos nuestra posición acerca de nuestro papel como habitantes de este gran entorno nos damos cuenta de los errores cometidos y necesidades olvidadas, necesidades por ver más allá de la cultura, por examinar y comprender este mundo que habitamos y por contemplarnos como parte de un gran mecanismo que funciona ininterrumpidamente a menos de que un cataclismo cósmico acabe con su proceso.

Desde ahora debemos contemplar el problema de la vida como una cuestión fundamental para nuestra evolución, la problemática a fin de cuentas es la de solucionar inquietudes puramente humanas como la creación de vida y la manipulación de la misma.

Cuando afrontamos proyectos de diseño con fuertes raíces teóricas debemos ponerlas en función de un objetivo encaminado a la solución de un problema real y que sea concerniente para los seres humanos o para algún individuo particular. En este caso concreto pondremos en función del macroorganismo llamado Tierra todos los resultados obtenidos en la investigación realizada para garantizar una efectiva aplicación de dicho trabajo.

## JUSTIFICACION

Como sabemos el Ser Humano ha invertido una gran parte de su tiempo tratando de dar soluciones a preguntas aparentemente inexplicables, por lo cual genera modelos, teorías y creencias las cuales se difunden rápidamente en nuestra sociedad humana y precisamente este es el caso del presente proyecto, queriendo generar conocimiento basado en conceptos específicos que circulan en torno al problema de la “vida”.

¿Vida?, Siendo un concepto tan indispensable en nuestro existir, no deja de ser efímero particularmente si lo explicamos fuera de algún marco o contexto determinado, de hecho en torno a él hemos generado modelos de interpretación basados en las diferentes áreas del conocimiento humano, que al ser o estar desarticuladas entre sí, nos deja un mundo finito pero extenso de significados, representaciones, e interpretaciones del mismo. Mientras estudiamos los procesos y significados de la llamada “vida”, nos topamos frecuentemente con dos conceptos que a simple vista carecen de similitud alguna, aunque dese el enfoque sistémico del proyecto comparten y compartirán más de un proceso, estructura o fin. Estos conceptos son: Naturalidad y Artificialidad. Ahora me dispongo a hacer una explicación breve de los tres conceptos antes mencionados y de sus relaciones respectivas que, aunque insuficientes, pueden generar un marco contextual claro desde donde se puede abordar el problema.

*Vida:* Es el conjunto de sistemas provenientes de diferentes estructuras morfológicas que interactúan entre sí para lograr su sostenimiento colectivo e individual, dentro de los grados de libertad posibles en un entorno llamado Ecosistema: (que es el conjunto de factores bióticos y abióticos y sus interacciones complejas, que forman una comunidad que coexistente dentro de unos límites Corológicos y topológicos específicos, abiertos y cerrados en un tiempo-espacio determinados).

*Naturalidad:* A todo aquello que exista dentro de un ecosistema y que no sea constructo o resultado de algún pensamiento o intervención humana se le llama natural.

*Artificialidad:* Es la connotación que se le da a toda aquella creación viva o inerte resultante de cualquier proceso lógico y/o cultural proveniente del ser humano.

Así que podemos llamar Organismos Naturales a todos aquellos “seres” o individuos que viven en un ecosistema determinado que gozan de Naturalidad (Vida Húmeda). En ese orden de ideas, podemos darle el nombre de Organismos Artificiales a todas aquellas creaciones culturales vivas o no vivas que existen dentro de un tiempo y espacio determinados. De hecho la artificialidad es a su vez la sofisticación de funciones, procesos y resultados en un sistema organizado de elementos que interactúan entre sí.

Ahora bien existen dos tipos de vida artificial, el primero denominado “Vida Artificial Blanda” la cual se basa en conceptos netamente antropocentristas al



igual que sus alcances, en la cual podemos situar por ejemplo robots que imitan estructuras y comportamientos naturales. El segundo tipo es la “Vida Artificial Dura” que estudia conjuntos de seres nuevos que se comportan como seres vivos, es decir que se reproducen, crecen, toman decisiones y tienen cualquier tipo de similitud con los sistemas complejos naturales, podemos posicionar dentro de esta definición a unos organismos llamados “Bit-chos” quienes podrían competir con bichos naturales por un territorio y con la intención de sobrevivir: (los Bichos son los insectos que podemos encontrar en un ecosistema natural como en un bosque tropical, los “Bit-chos” son seres artificiales que simulan comportamientos, procesos y fines, creados por el Ser Humano).

Continuando con la propuesta de generación de Vida Artificial pensamos en un ser que deberá gozar de autopoiesis, término o neologismo que significa literalmente autoproducción como la propiedad fundamental que caracteriza a los seres vivos en oposición a los no vivos así como dice Maturana: *“Los seres vivos son redes de producciones moleculares en las que las moléculas producidas generan con sus interacciones la misma red que las produce.”*<sup>1</sup> Hablamos aquí de un organismo que responde a su medio, pero sus respuestas no dependen de su entorno, en cambio responden a si mismo, a sus procesos internos que son sencillamente decisiones tomadas por su propio sistema, sistema que es diferente en cada ser vivo así pertenezcan a la misma especie.

Es una percepción mecanicista pues explica los sistemas vivos en términos de relaciones y no de propiedades de sus componentes.

Como lo afirma Maturana: *“Nuestro enfoque será mecanicista: no se aducirán fuerzas ni principios que no se encuentren en el universo físico. No obstante, nuestro problema es la organización de lo vivo y, por ende, lo que nos interesa no son las propiedades de sus componentes, sino los procesos y relaciones entre procesos realizados por medio de componentes.”*<sup>2</sup>

¿Hibridación?, En teoría existen dos tipos de seres, los primeros son los seres no-artificiales y los segundos son los seres artificiales.

Los seres no artificiales son aquellos individuos cuya constitución química radica en el carbono. Entre esos seres contemplamos a los seres humanos, a todos los animales, plantas y reinos de la naturaleza. Los seres artificiales son aquellos que están constituidos químicamente por silicio, entre ellos se encuentran los computadores, microprocesadores, robots, etc., que son creaciones del Ser Humano (culturales).

Una hibridación no es más que la relación asociativa a manera de ensamblaje de dos cadenas de información diferentes (por ejemplo: una cadena de ADN), con propósitos comunes y diferentes funciones, una hace de emisor, la otra de receptor, que al ensamblarse no pierden información, tan sólo la comparten en

---

<sup>1</sup> VARELA FRANCISCO J, MATURANA HUMBERTO R. (1973). De Máquinas y Seres Vivos: Una teoría sobre la organización biológica. Santiago de Chile: Editorial Universitaria. Cap 2.

<sup>2</sup> Ibid., Cap 3.

la medida requerida generando así un medio y múltiples canales de transmisión de datos.

Finalmente el marco de la mirada en el cual se plantea el proyecto parte desde una Ecosofía de la vida que es una articulación ético-política capaz de abordar problemáticas ambientales, lo cual es muy importante porque la mirada mecanicista que se ha tenido de la vida natural y del planeta debe ser complementada con esfuerzos de mantener la sostenibilidad del mismo. Partiendo del hecho que estamos en un tiempo decisivo para la raza humana como la conocemos en donde la mayoría de las cosas giran en torno al consumo, manejo y producción de INFORMACIÓN, en la era de la tecnología.

La necesidad de realizar proyectos de este tipo surge desde una perspectiva evolutiva, ahora proponemos la entrada a una etapa de transición en donde las interacciones que se presentan dentro del planeta tienden a transformarse, reagrupándose mediante relaciones simbióticas con el fin de sustentar los procesos vivos. Ahora tenemos en nuestras manos el timón con el cual vamos a dirigir nuestro futuro y la dirección que le estamos dando desde el proyecto no es más que una intención de ello.

## **HIPOTESIS**

Si la vida como idea general es una cuestión de “organización” de los elementos que se encuentran en un tiempo y espacio definidos y de sus interacciones, (relaciones y procesos), entonces reorganizando aquellos elementos debería ser posible generar vida.

## **PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL**

Los estudios y aproximaciones sobre la vida artificial están enfocados en simulaciones informáticas que dan cuenta de la posibilidad inminente de generar vida. Otros recurren al arte o a las expresiones plásticas para expresar y comunicar la necesidad del hombre para crear organismos nuevos que evolucionen y estén en función nuestra.

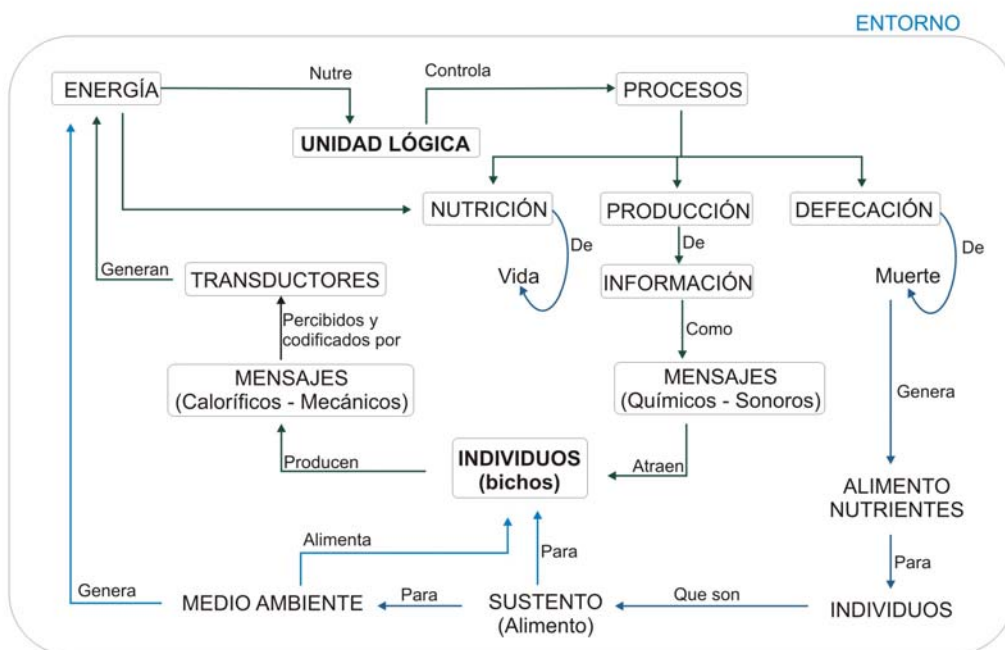
Proponemos entonces un organismo artificial que está compuesto de dos partes esenciales, una natural y otra artificial, son dos organismos que se hibridan en un intento por coevolucionar y mantener relaciones simbióticas de cualquier tipo. El organismo no tiene como propósito el de competir contra organismos naturales preexistentes en el entorno seleccionado, de hecho puede decirse que nuestro proyecto apunta a generar un organismo ya evolucionado que es una proyección de dichos organismos el cuál ha dado un salto evolutivo y por ende es más apto para adaptarse y sobrevivir a las condiciones a las que se encuentra sometido el y los demás organismos naturales. Anotemos que de acuerdo a la ley de la selección natural solo el organismo más apto sobrevive, es por eso que estamos interviniendo en la evolución natural y la estamos reorganizando para que nuestro producto individual sea más apto que otros individuos que compartan el mismo espacio.

Este organismo propuesto es autosostenible, es una aproximación a la manera como los sistemas vivos deberán vivir en el futuro, es una idea sustancial de cómo los procesos simbióticos invadirán nuestros ecosistemas, nuestras sociedades y nuestros pensamientos. La hibridación es una pista para ello, sin embargo el campo queda libre para plantear nuevas asociaciones que culminen en la formación de vida más apta para la sobrevivencia en el planeta tierra que desde hace mucho tiempo ha comenzado una transformación que lo lleva a desnaturalizarse. Ahora parece ser que lo cultural necesita de lo natural para equilibrarse y poder existir.

Debemos sin embargo garantizar una simbiosis, nuestro organismo nuevo (*Umisus*) comprende a un organismo natural hibridado con uno artificial, comprende sus interacciones con ellos mismos y con su entorno, comprende las interacciones de ellos con otros organismos y por si fuera poco está delimitado por las mismas fronteras que encierran al ecosistema en donde habitan. El organismo puede ser considerado un macroorganismo pero que tiene a individualizarse y a autorregularse.

Si entendemos la sustancia de la vida como información entonces podemos generar medios de comunicación universales. La información puede entenderse como ADN tanto como Bits, los fenotipos, genotipos y procesos los son también. Por ellos debemos situarnos en un punto en donde todo lo que conocemos puede ser traducido, transmitido y entendido de la misma manera, es decir, la unidad mínima que compone cualquier objeto o ser vivo existente es información y energía a la vez que está organizada generando estructuras asociativas.

DISEÑO CONCEPTUAL (ESTRUCTURAL) DEL INDIVIDUO ARTIFICIAL



Este es el funcionamiento conceptual de un organismo híbrido dentro de un entorno determinado, todas las partes son esenciales para su propuesta tanto formal como funcional ya que estamos hablando de un macroorganismo.

Los individuos (bichos) producen mensajes químicos, sonoros y mecánicos que son percibidos por receptores electrónicos ubicados en el individuo artificial que transducen la información obtenida para generar energía que va a ser utilizada por el sistema para funcionar. La unidad lógica controla los procesos, tiempos y cantidades energéticas que deben ser dosificadas para el buen funcionamiento del organismo la cual está siendo alimentada constantemente. Existen tres procesos básicos que deben ser regulados que son el de producción, el de nutrición y el de defecación. La nutrición constante del organismo garantiza su sostenimiento, la defecación es considerada como muerte en donde se producen residuos inútiles para el organismo híbrido que a su vez pueden ser considerados como alimento o fuente de nutrientes por los individuos que habitan el ecosistema natural los cuales son el sustento o alimento de los (bichos) con los que estamos trabajando. La etapa de producción es a fin de cuentas a de generación de información como mensajes químicos y sonoros los cuales son utilizados por el individuo artificial para manipular y atraer a los individuos naturales que a fin de cuentas colaborarán con el sistema.

A grandes rasgos encontramos tres etapas brevemente descritas cuya ampliación encontraremos más adelante.

## **PROPUESTA PROYECTUAL**

### **Propósito del proyecto**

El presente proyecto está planteado como un producto de la investigación realizada sobre el tema de Vida Artificial. La idea fundamental es generar un individuo artificial que gracias a la hibridación entre un organismo vivo y uno no vivo pueda existir, de tal manera que las interacciones que pueden tener se vuelven fundamentales en dicha búsqueda. Por un lado se propone una simulación artificial cuyo soporte y proceso está basado en programas informáticos usando algoritmos genéticos para que los individuos puedan responder autónomamente a estímulos y reglas planteados de manera matemática. Todo esto puede ser realizado debido a que en el mundo actual disponemos de un macroscopio u ordenador como lo argumenta Joel de Rosnay el cual nos facilita realizar simulaciones complejas de vida natural y esa ruptura de límites que existen en una realidad natural se hace evidente. El reto evidentemente es el de generar la misma hibridación en un entorno natural fuera del macroscopio, la cual deberá responder a las características con las que debe cumplir un organismo vivo que se autorregula. Para ello debemos escoger el tipo de organismos que vamos a estudiar para realizar dicha interacción ya que con algunos individuos estas relaciones híbridas pueden tender a complejizarse. No importa realmente el organismo vivo natural que elijamos para nuestro propósito que es el de desfragmentar los procesos que se llevará a cabo en los sistemas vivos y luego reorganizarlos para aprovecharlos de manera eficiente y eficaz para que el propio individuo híbrido sea sostenible y quizás podamos emplear dicha hibridación en la constante búsqueda del ser Humano por obtener energía eléctrica renovable.

El proyecto posibilita la exploración teórica de nuevos territorios para el diseño industrial sumergiéndolo en las ciencias de la complejidad, es a fin de cuentas una exploración teórica-conceptual que culmina en un aporte tecnológico para nuestra sociedad. Si no es un objetivo introducir a una persona en una experiencia estética, si lo es plantear en aquella persona nuevas formas de organización de la naturaleza que debe en un futuro coexistir en un entorno trastocado por los artefactos, tecnologías blandas y duras desarrolladas por el Ser Humano.

### **CASOS DE ESTUDIO**

#### **Las hormigas, su ecosistema y sus características**

Realizando una investigación apoyada por Entomólogos profesores de la Pontificia Universidad Javeriana decidimos que el organismo con el que íbamos a trabajar eran las hormigas tejedoras las cuales viven en constante simbiosis con su entorno natural y son unos de los insectos más desarrollados en cuanto a organización social y señales de comunicación tanto como los medios empleados para tal fin.



Las hormigas tejedoras u hormigas verdes (género *Oecophylla*) son insectos sociales de la familia Formicidae (orden Hymenoptera). Las hormigas tejedoras son arborícolas y conocidas por su singular sistema de construcción de colonias, mediante el cual las obreras construyen los hormigueros entretejiendo hojas utilizando la seda de sus propias larvas. Las colonias pueden alcanzar un gran tamaño, formadas por más de cien nidos que atraviesan numerosos árboles y contienen a más de medio millón de obreras. Como muchas otras especies de hormigas, las hormigas tejedoras se alimentan de pequeños insectos y complementan su dieta con las secreciones ricas en hidratos de carbono secretada por pequeños insectos (Hemiptera). Las obreras *Oecophylla* exponen una marcada distribución bimodal de tamaño, con grandes diferencias entre el tamaño de las obreras menores y mayores. Los trabajadores más grandes tienen aproximadamente de ocho a diez milímetros de longitud y las pequeñas aproximadamente la mitad de la longitud de las grandes. Existe una división del trabajo asociada a la diferencia de tamaño entre obreras. Las de mayor tamaño recolectan, defienden, mantienen y amplían la colonia mientras que las obreras menores tienden a quedarse dentro de los nidos donde cuidan las larvas y «ordeñan» los cocoideos en o cerca de las colonias. Las hormigas del género *Oecophylla* varían en su coloración desde el rojizo al marrón amarillento, dependiendo de la especie. *Oecophylla smaragdina*, que se puede encontrar en Australia, a menudo tienen el gáster (el abdomen menos los segmentos abdominales del peciolo) de color verde brillante. Estas hormigas son muy territoriales y las obreras defienden agresivamente sus territorios de los intrusos.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Tomado de: Wikipedia la enciclopedia libre, en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Oecophylla>, Cap. 1



Las hormigas tejedoras pertenecen al género de hormigas *Oecophylla* (subfamilia Formicinae) que contiene dos especies vivas estrechamente relacionadas: *O. longinoda* que se puede encontrar en el África subsahariana y *O. smaragdina* encontrado en el sur de la India, Asia sudoriental y Australia. Están situados provisionalmente en una tribu propia, Oecophyllini. El género *Oecophylla* es relativamente antiguo, y se han encontrado 15 especies fósiles en yacimientos del Eoceno al Mioceno. *Polyrhachis* y *Dendromyrmex* son otros dos géneros de hormigas tejedoras que también usan la seda larval en la construcción de nidos, pero la construcción y arquitectura de sus hormigueros son más simples que los de *Oecophylla*.<sup>[10]</sup> En Australia, *Oecophylla smaragdina* se encuentra en las áreas costeras tropicales como el extremo sur de Rockhampton y a lo largo de la zona tropical costera del Territorio del Norte hasta Broome, en Australia Occidental.<sup>4</sup>

Las Hormigas tejedoras al igual que otras especies de hormigas emiten sonidos cuando necesitan transmitir ciertos mensajes a sus hermanas las cuales atienden a ellos de manera inmediata. Usualmente estos mensajes tienen que ver con el territorio, su búsqueda y protección como también con alimento, su búsqueda y almacenamiento.

Los sonidos producidos por las hormigas son un tema que empieza a despertar mucho interés. En España tenemos a la profesora Dolores Martínez y su equipo, de la Universidad Complutense de Madrid, que últimamente se dedica a ello. Pero una primera impresión personal es que apenas estamos en la punta del iceberg de tan fascinante fenómeno. Al menos 4 subfamilias de hormigas tienen especies con órganos estriduladores, y la mayoría de ellas nidifican en tierra. Además de emisiones por estridulación de órganos específicos, se da también una especie de tamborileo, golpeando la cabeza contra el sustrato, en ciertas especies de *Camponotus*.

---

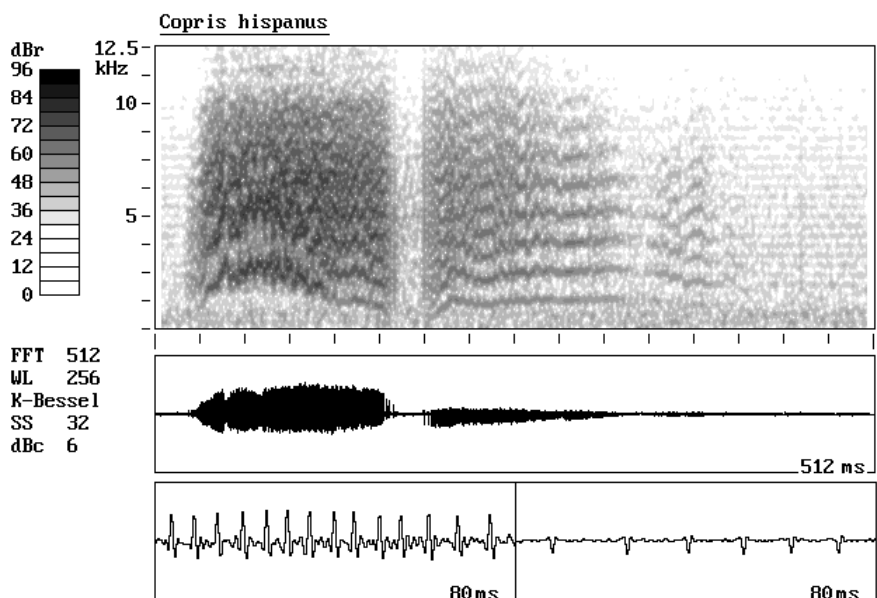
<sup>4</sup> Ibid. Cap 2.



El rango de frecuencias estridulatorias, con los datos actuales, varía entre los 500 Hz y los 100 KHz. Transcribo un párrafo, que traduzco del excelente tratado “Les Fourmis” de Luc Passera y Serge Aaron (2005), donde se explica con algún detalle este extraordinario y prometedor tema:

“Las hormigas están desprovistas de órganos timpánicos capaces de estremecerse con las vibraciones transmitidas por el aire. Los únicos mecanorreceptores que poseen las hormigas están en el órgano de Johnston, situado en la base de las antenas, entre el escapo y el funículo. Ahora bien, para hacer vibrar el funículo de la antena y estimular así los mecanorreceptores, hace falta un sonido con una intensidad de 100 decibelios emitido a una distancia de menos de 1 cm de distancia. Ninguna hormiga es capaz de emitir un tal sonido. Las vibraciones que son susceptible de realizar al estridular con el órgano descrito más abajo no sobrepasa los 2 decibelios. ¿Significa esto que las hormigas son sordas? Sí, si nos situamos en el contexto fisiológico, que es el nuestro, es decir, el de la estimulación de las células sensoriales por las vibraciones vehiculadas por el aire. No, si la energía procedente de la vibración es enviada a través del sustrato: los temblores del suelo son perfectamente percibidos por las hormigas (Roces y Tautz, 2001).

En las hormigas cultivadoras de hongos la frecuencia de emisión varía entre 20 y 60 kHz, a menudo muy por encima del límite audible del oído humano (20 kHz). En otras hormigas el nivel de las emisiones es diferente. Es de 0.5 a 5 kHz en las *Myrmica*, de 84 kHz en una *Pachycondyla* (De Carli et al., 1996) y varía de 41 a 98 kHz en las *Messor*.<sup>5</sup>



Spectrogram, envelope and detailed waveforms of pulse trains emitted by *Copris uncertus* and *Copris hispanus* (Coleoptera Scarabaeidae: Coprinae): the two sub-units of the disyllabic chirps are characterized by pulses with opposite phase. Research made in cooperation with the Zoology Dept. of the University of Torino (1989).

<sup>5</sup>Tomado de: <http://www-1.unipv.it/webcib/insec.html#ants>, Page compiled by marco priano, gianni pavan, michele manghi, 1995. Revised January 2002.

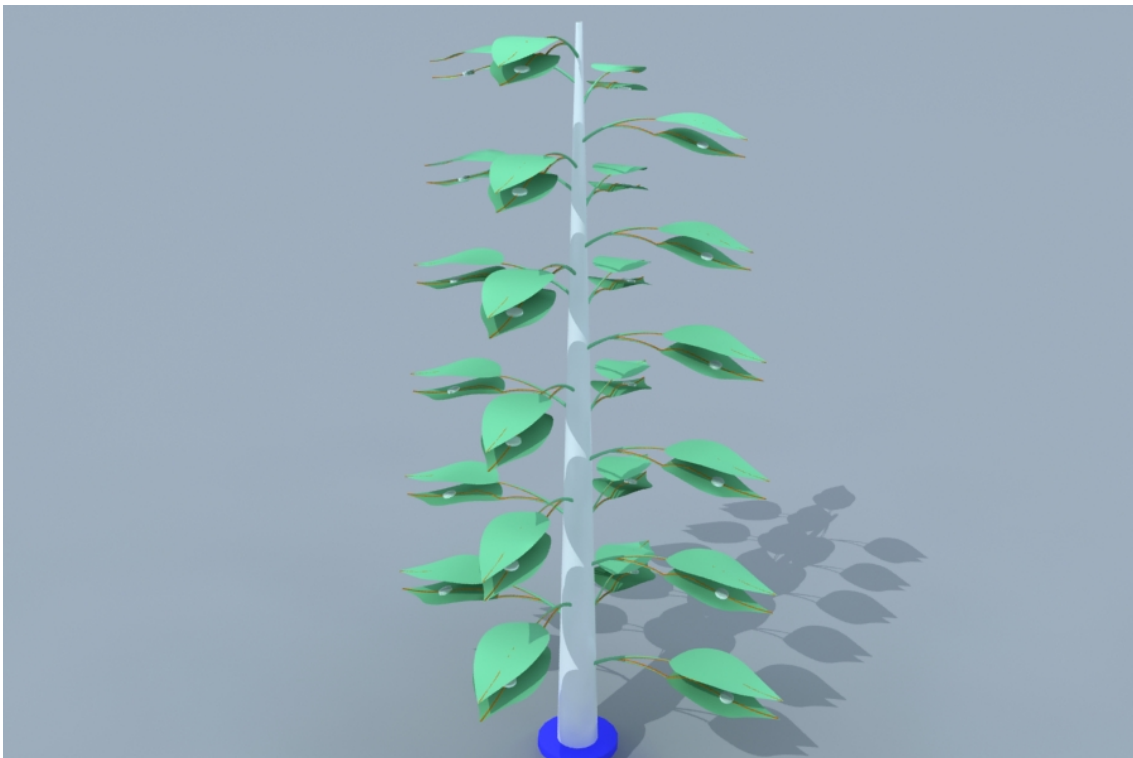


Anotemos aquí que el ecosistema en el que habita la mayoría hormigas del mundo es completamente sostenible, las falencias existentes son pocas a pesar de el riesgo actual a la que están sometidos y la fragilidad de sus entornos debido a los cambios climáticos y al mal manejo que los Seres Humanos le hemos dado a los ecosistemas naturales del planeta Tierra.

Las Hormigas Tejedoras habitan selvas tropicales en donde hay una gran biodiversidad, en donde se han mantenido por siglos. Las hormigas se alimentan de néctar producido por los pulgones que se prenden a las plantas, succionan su néctar y excretan un fluido que las hormigas consumen y llevan al nido. Las hormigas aparentemente son las reinas del mundo de los insectos, suman juntas el 60% del total de insectos existentes en el planeta Tierra y son una cuarta parte de la biomasa mundial existente. Las hormigas son alimento de escarabajos principalmente quienes son sus máximos depredadores. Viven en simbiosis con algunas especies de larva de mariposa y plantas. Hacen parte de una cadena trófica natural que permanentemente es desestabilizada por la sobrepoblación de dichos insectos.

### **Individuo artificial y sintético**

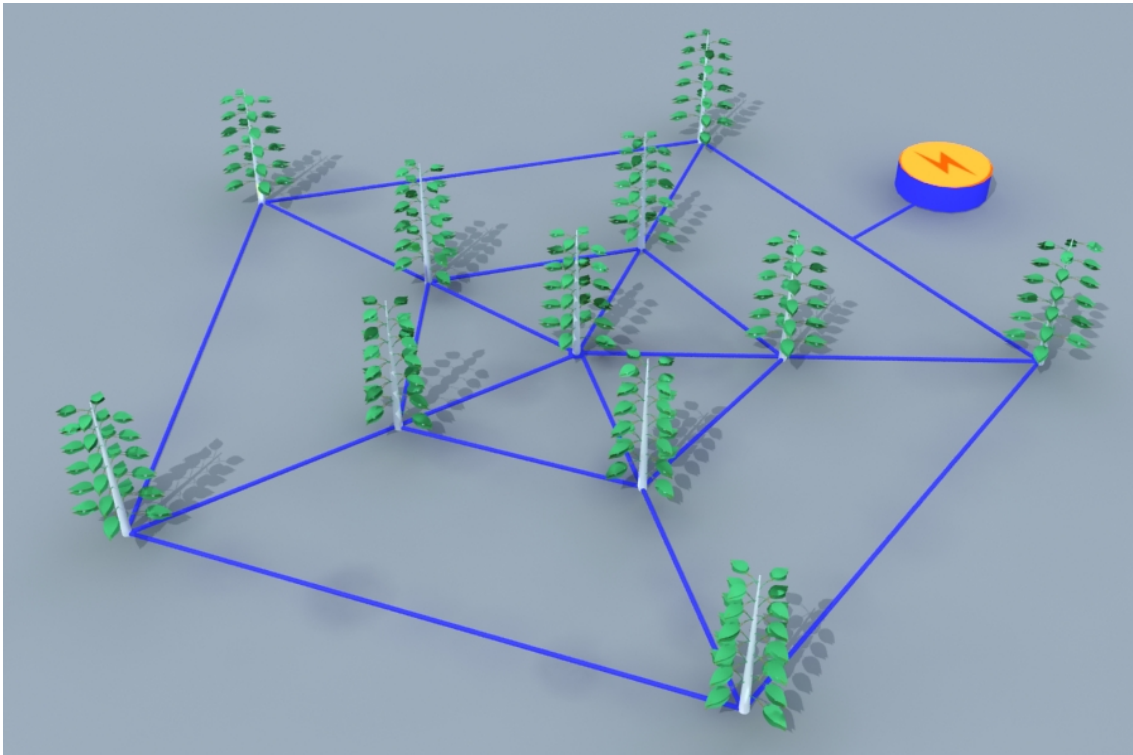
Hablamos aquí de un individuo que no se considera como vivo ya que carece de la posibilidad de autorreproducirse y tomar decisiones. El individuo sintético del que hemos hablado arduamente por si solo no cumple ninguna función, solo cuando este entra en simbiosis con el organismo natural es cuando todo toma sentido.



Este es el individuo sintético el cual tiene dos propósitos fundamentales: el primero es el de emitir señales acústicas en una frecuencia específica capaces de ser interpretadas por Hormigas tejedoras con el propósito de que acudan a

el para construir su hogar, el segundo es el de tomar energía calórica procedente de las hormigas mediante su estimulación sonora produciendo una excitación controlada que hace a las hormigas alarmarse y defender su territorio de individuos invasores produciendo cantidades elevadas de calor (aprox. 60°C), esta energía es recolectada convertida en electricidad y almacenada para ser utilizada en su propio funcionamiento ya que las señales sonoras necesitan energía eléctrica para ser emitidas.

El individuo adicionalmente puede conectarse con otros individuos iguales a el para crear una red gigantesca de individuos que producen energía eléctrica.



En la imagen anterior podemos ver como los individuos se conectan entre sí por medio de una red eléctrica que culmina en un centro de almacenamiento de energía. El territorio está delimitado corológicamente por la cantidad de individuos que se planten dentro del ecosistema natural ya que son invasores que posteriormente se convertirán en una pieza cuya naturalización se hace evidente.

Este individuo le debe su diseño a la planta de Cacao cuyo diseño y características la vuelven el lugar más apto para que las hormigas tejedoras elaboren sus nidos. Las hojas se han dispuesto en pares a una distancia aproximada de 12 cm para que las hormigas puedan doblarlas con facilidad y pegarlas con rapidez sin tener que esforzarse en alcanzar la hoja más contigua.

## Hibridación y Evolución

¿Por qué hibridación?, inicialmente entendamos la hibridación como la asociación de dos individuos autónomos que intercambian información teniendo en cuenta que los dos individuos deben verse beneficiados por dicha relación.

En principio La hormiga recibe de parte de la planta sintética hogar y protección contra otros insectos o depredadores que intente atacar a las colonias, este mecanismo de defensa es sonoro. Los insectos pueden ser ahuyentados generando una frecuencia determinada en cada especie reproducida por un parlante piezoeléctrico. No importa que las hormigas ya tengan hogares sostenibles y mecanismos de defensa aptos para su supervivencia pues lo que intentamos hacer es reorganizar de algún modo los elementos que existen en el entorno natural intervenido. El propósito no es el de mejorar su hogar o el de mejorar su supervivencia sino es generar relaciones simbióticas entre un individuo natural y uno artificial, entendiendo al individuo natural como un macroorganismo realmente en donde una sola hormiga no hace la diferencia, en cambio es necesaria la implicación de toda la colonia de hormigas.

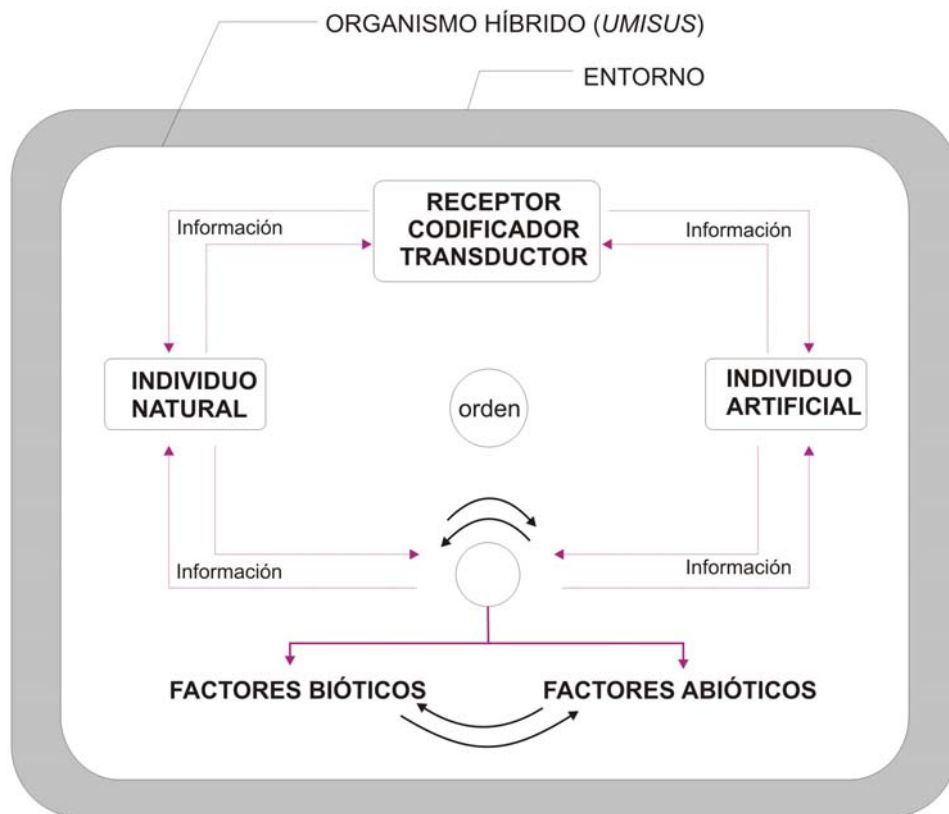
Entonces tenemos a las hormigas recibiendo protección y un hogar artificial. En segundo plano tenemos al individuo artificial que obtiene energía eléctrica en forma de calor que emanan las hormigas al ser excitadas en sus hogares las cuales responden naturalmente para proteger su colonia y sus hogares. La planta sintética obtiene la energía necesaria para emitir sonidos y alguna fracción de esta es almacenada en un sistema central que regula dicha energía eléctrica.

La hibridación debe sin embargo llevarnos al punto de las propiedades del organismo que ahora resulta, el organismo híbrido al que llamamos *Umisus*. El organismo Híbrido resultante comprende todas las propiedades naturales de la hormiga como su reproducción y procesos colectivos tanto como las propiedades artificiales de emitir sonidos y convertir energía calórica en eléctrica para ser almacenada posteriormente por parte del individuo artificial.



Por otra parte debemos aclarar el tema de evolución del organismo híbrido. Se trata de un planteamiento más teórico que potencialmente real y comprobable, en donde podríamos pensar que las relaciones simbióticas e híbridas entre los individuos sintéticos y naturales son de alguna manera un paso agigantado de un proceso evolutivo que se avecina y es inminente. De una manera sistemática hemos planteado que *Umisus* es un organismo evolucionado ya que puede ser capaz de ligar dos individuos aparentemente no ligables a menos que el beneficio sea únicamente antropocéntrico y artificial. Estamos realizando una hibridación que permite tener un panorama de cómo deberían ser las hibridaciones que se avecinan sin tener que dañar a los ecosistemas naturales existentes para disminuir el impacto desde una ecosofía que hemos planteado en el marco teórico.

### HÍBRIDO *UMISUS* ( ESTRUCTURA )



## **Ecosistema natural y artificial**

Inicialmente un ecosistema natural se rige por la teoría del Súper-Fénix planteada por Morín expuesta ya anteriormente por lo cual es autosostenible e interminable a menos de que un cataclismo cósmico tenga lugar en un tiempo específico. Los aspectos fundamentales que cambian pues en el ecosistema natural se reducen al aumento de población de hormigas tejedoras, sin embargo estas hormigas funcionan como control de plagas. Como estas hormigas no son carnívoras entonces son habrá una disminución sustancial de otros insectos o de la fauna del ecosistema. Sencillamente intentamos hacer el menor daño posible.

Al entrar en contacto nuestro individuo artificial con el ecosistema y con los organismos naturales que lo rodean puede llegar a deteriorarse por lo cual se hace necesario realizar un mantenimiento periódico para estabilizar el sistema interno del individuo. La vida de nuestro organismo Híbrido entonces entraría a depender directamente de una mano humana que por así decirlo lo cuide y lo mantenga en buen estado por lo que las vísceras de nuestro individuo tal y como las nuestras no son eternas.

### ***Umisus*, individuo híbrido**

Como hemos visto *Umisus* es un organismo híbrido constituido por tres elementos, en primer lugar tenemos al individuo natural (colonia de hormigas tejedoras), en segundo lugar y no menos importante tenemos al individuo artificial (planta sintética) y en tercer lugar tenemos al entorno, es decir todas aquellas relaciones posibles que se puedan llevar a cabo mientras las relaciones entre los dos individuos del sistema se lleven a cabo.

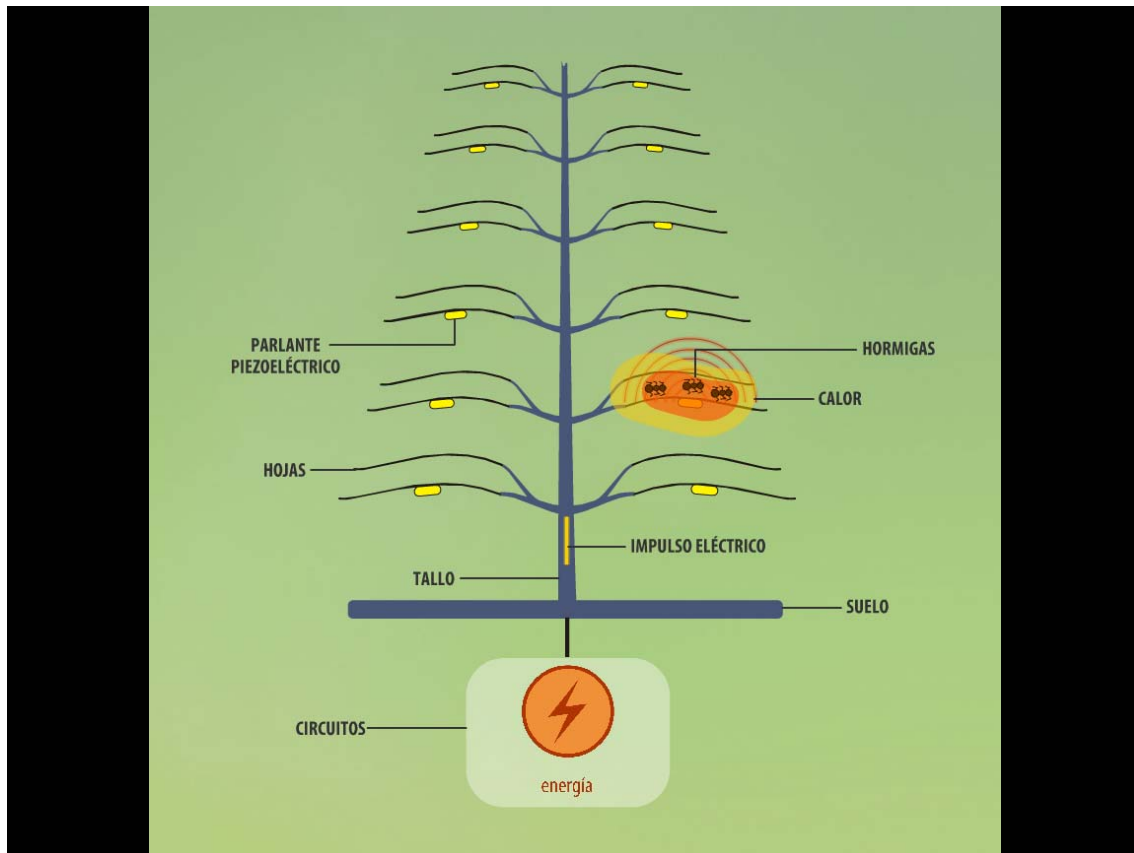
EL término *Umisus* proviene de la unión de dos palabras en latín que significan Húmedo y seco, haciendo referencia ala unión entre vida húmeda y vida seca.

El individuo planteado es un macroorganismo simbiótico, tiene funciones totalmente autónomas y autorreguladas por lo menos mientras el sistema no se desgaste por el tiempo. No se trata de una sola planta sintética que produzca energía eléctrica sino de la posibilidad de que varias plantas estén interconectadas en una red más grande llevando a nuestro individuo híbrido a un nivel de complejidad superior ero mucho más blando.

*Umisus* es una idea más que un objeto, es una forma de ver el mundo, de cómo por medio de relaciones simbióticas que de hecho ya existen podemos cambiar comportamientos y hasta hábitos no solo de organismos como los insectos sino que la invitación va hacia cambiar comportamientos a niveles manométricos, microscópicos, macroscópicos y cósmicos.

La idea de reorganizar los elementos que ya funcionan en un entorno natural puede llevarnos a conclusiones mucho más eficaces y eficientes si hablamos de un bienestar humano si este fuera un objetivo inicial para la investigación.

## Umisus individuo estructurado



En la gráfica anterior podemos observar las partes que conforman la estructura del individuo artificial que como ya hemos mencionado, al entrar en sociedad con las hormigas y al conectarse con más de los mismos individuos daría vida a nuestro individuo híbrido. Vemos cómo el calor producido por las hormigas se captado por las termocuplas ubicadas en las hojas de la planta sintética y convertida en energía eléctrica que posteriormente se almacena en una caja de circuitos y capacitores, vemos como las hormigas producen el calor al ser excitadas por señales acústicas provenientes de un parlante piezoeléctrico ubicado en la hoja de la planta sintética. El material más apto para la estructura y modelo formal de las hojas es el Silicón DuraSil® que funciona en temperaturas de  $-73^{\circ}\text{C}$  a  $302^{\circ}\text{C}$ , es flexible, resistente a la humedad, al viento y a rayos UV. El tronco es en nylon al igual que los tallos.

A continuación describiremos brevemente las partes que lo conforman:

**ESPECIE INTERVENIDA:** Hormigas tejedoras de África y de Asia tropical de género *Oecophylla*.

**ECOSISTEMA INTERVENIDO:** Ecosistema Natural virgen (sin ser intervenido anteriormente de manera artificial). África y Asia tropical.

**INDIVIDUO ARTIFICIAL:** Es una planta sintética cuyas características físicas y formales imitan a una planta de Cacao, la cual es la planta que más utilizan las hormigas tejedoras para hacer sus nidos.

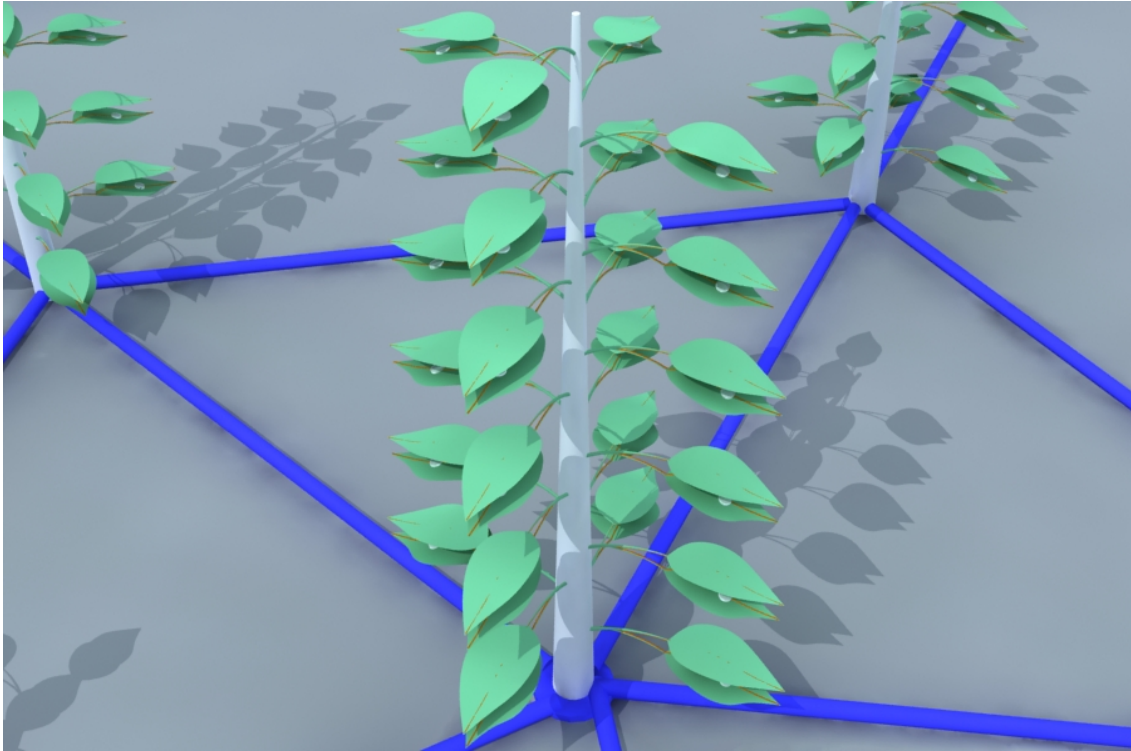
**INDIVIDUO NATURAL:** Aquí tratamos con un macroorganismo, las hormigas por si solas no representan mayor funcionalidad e importancia pero cuando funcionan en torno a una red social organizada pueden proveer una cantidad inimaginable de datos y energía que podemos manipular y utilizar eficientemente.

**INTERACCIONES:** Trabajaremos con interacciones tanto naturales como artificiales ya que todas son necesarias para que nuestro organismo Híbrido pueda considerarse como vivo mediante asociaciones simbióticas entre los individuos trabajados respectivamente.

**CARACTERISTICAS ORGANISMO ARTIFICIAL:** Planteamos la creación de una planta sintética hecha con materiales resistentes a las variaciones del clima y a los factores bióticos y abióticos del ecosistema. Esta planta debe ser prácticamente igual a la mata de Cacao que sin embargo no secretará sustancias u olores que atraigan o repelan a los insectos, de hecho este mecanismo químico ha de ser cambiado por uno artificial y mecánico como lo es el ultrasonido el cual tiene la posibilidad de atraer o repeler diferentes especies de insectos y en el caso específico, de hormigas.

Este individuo tendrá unos transductores de calor ( termocuplas tipo K ) que generarán energía eléctrica la cual va a ser almacenada en una batería eléctrica para el propio sostenimiento del sistema artificial. Las hojas que las hormigas usan para hacer sus nidos son los transductores de los que hablamos y las señales acústicas serán producidas por parlantes que transmitirán periódicamente señales de alarma para las hormigas con el fin de que se acerquen y se establezcan sobre el susodicho organismo artificial.





## **ESTRUCTURA TÉCNICA DE *UMISUS***

### **1. Grabación y reproducción de ultrasonido:**

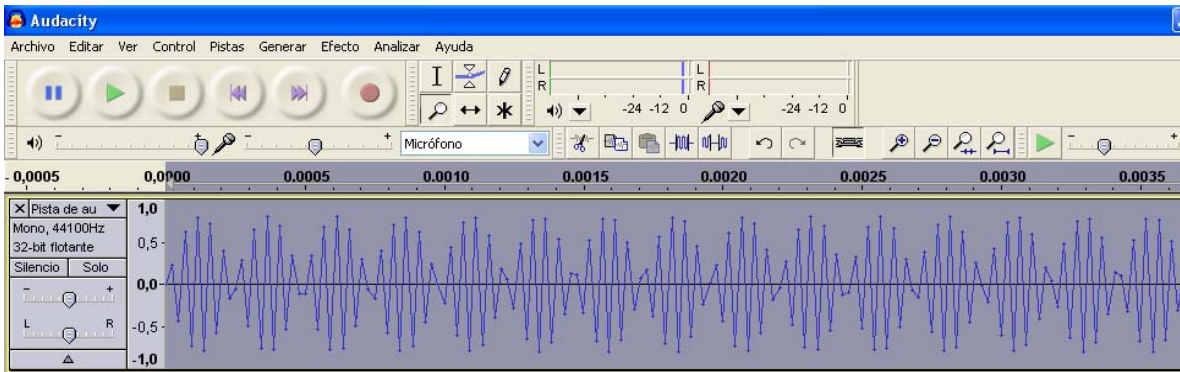
Para intervenir en el comportamiento de los seres vivos, me he basado en sonidos parecidos o iguales a los que ellos hacen. De esta manera, animales pequeños como las hormigas o abejas, se comunican con ultrasonido, es decir frecuencias (medidas en Hertzio o Hz) por encima de 20KHz, que a la vez es el umbral de la percepción humana (por encima de esa frecuencia nos es imposible escuchar), por eso es que no podemos escuchar los sonidos que estos animales producen.

Sin embargo, es posible detectarlos por medio de software y otros elementos. El procedimiento es el siguiente:

Con una grabadora, y un micrófono de buena sensibilidad (que capture el mas mínimo cambio en la presión del aire), con patrón omnidireccional (es decir que capte el sonido de cualquier lado), y que su respuesta en frecuencia permita recibir estas frecuencias (ultrasonido), se graban momentos en los cuales estén buscando comida o refugio, situaciones que implican comunicación entre ellos.

Para verificar que conseguimos los sonidos deseados podemos visualizar la grabación en algún software; el que me pareció más apropiado, mirando que sea accesible, completo y fácil de usar (teniendo en cuenta qque se dice no soy experto en manejo del audio) es Audacity, software libre que permite procesar y visualizar el audio apropiadamente.





*Aunque esta no es una onda sinusoidal pura, sí podemos visualizar la periodicidad (20KHz), y evaluarla con respecto al tiempo dado en segundos, que es la regla ubicada arriba de la onda. Así mismo es posible aumentar la amplitud<sup>6</sup> para que el sonido se oiga más o menos fuerte.*

Con esto, ya podemos comprobar qué sonidos capturamos y si son pertinentes para el proyecto. Aparte de visualizar las ondas, también podemos escucharlo. Resulta curioso y tal vez contradictorio con lo que mencioné antes, ya que dije que no podemos oír los sonidos que las hormigas producen, pero con Audacity es posible reproducir mas lento, lo cual cambia la frecuencia, y así poder percibirlos.



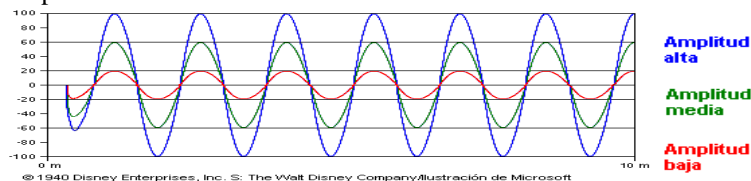
Imagen extraída de la siguiente página de Internet: <http://www.alipso.com/monografias/ondasso/>

7

*En esta imagen podemos visualizar dos ondas (sonidos) con diferente frecuencia. Ciertamente la roja tiene mayor frecuencia, más ciclos por segundo, que la azul. Si reproducimos la onda azul mas rápido, podríamos llegar a percibir el sonido como si fuese el de la onda roja, debido al efecto Doppler.*

Otra forma de conseguir estos sonidos, es generando artificialmente la onda de alta frecuencia. Para ello se usa un Generador de Ondas, bien sea análogo y visualizarlo con un osciloscopio, o con el Audacity. Es mas, este método lo usan por ejemplo en las carreras de caballos (hipismo), para espantar a las aves que puedan ocasionar accidentes durante la carrera, enviando un sonido

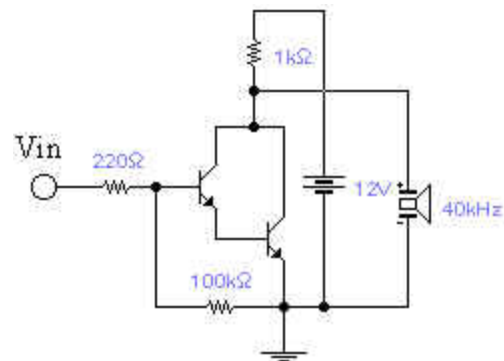
<sup>6</sup> Es la representación de la intensidad de la fuente del sonido. Si hay más amplitud, la onda es más extensa en sus picos, es decir se escucha mas duro. En la siguiente gráfica (decibeles en la vertical, y distancia en metros en la horizontal), se muestran 3 ondas con la misma frecuencia pero de distinta amplitud.



<sup>7</sup> Imagen extraída de la siguiente pagina de Internet: [http://www.sc.edu/sbweb/fisica/\\_ondas/movimiento/estacionarias/estacionarias.xhtml](http://www.sc.edu/sbweb/fisica/_ondas/movimiento/estacionarias/estacionarias.xhtml)

molesto para ellas, pero que nosotros no escuchamos porque son frecuencias muy altas para nuestro oído.

Para reproducir estos audios (ultrasonido), bien sean muestras del ambiente u ondas generadas artificialmente (como lo describí antes), no sirven los altavoces tradicionales debido a que ellos están diseñados para “reproducir” solo el rango de frecuencias audibles en el humano (20Hz – 20KHz), circunstancia que hace necesaria un altavoz con una respuesta en frecuencia aproximadamente de 50KHz a 200KHz. Debe ser piezoeléctrico pues por la manera en que estos tipos de transductores hacen la transformación de la energía eléctrica en acústica, permiten reproducir de forma eficaz las frecuencias altas. Usualmente, estos parlantes son pequeños pues su bobina debe tolerar la reproducción de longitudes de onda muy pequeñas, desde 6.86 mm (50KHz) hasta 1.715 mm (200KHz), en este caso.



Esquema sencillo de un Transmisor de Ultrasonido a 40 Khz.

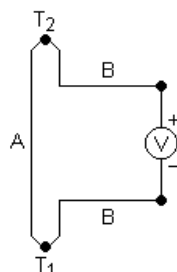
## 2. Captación, almacenamiento y distribución de energía calórica y eléctrica:

El siguiente circuito es un circuito de 4 etapas que se describen a continuación:

### GENERACION:

La generación de energía eléctrica se encargará a un termopar tipo K. Un termopar es un dispositivo formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje (efecto Seebeck<sup>1</sup>), que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.

<sup>1</sup>El efecto Seebeck es una propiedad termoeléctrica descubierta en 1821 por el físico alemán Thomas Johann Seebeck inversa al efecto Peltier. Se conoce como efecto termoeléctrico o efecto Seebeck a la conversión de una diferencia de temperatura en electricidad. Se crea un voltaje en presencia de una diferencia de temperatura entre dos metales o semiconductores diferentes. Una diferencia de temperaturas T1 y T2 en las juntas entre los metales A y B induce una diferencia de potencial V.



En el circuito:

El termopar tipo K (Cromo (Ni-Cr) Chromel / Aluminio (aleación de Ni -Al) Alumel); cuenta con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de  $-200^{\circ}\text{C}$  a  $+1.372^{\circ}\text{C}$  y una sensibilidad  $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$  aprox. Posee buena resistencia a la oxidación. Que es ideal en nuestro caso, debido al factor ambiental (humedad alta). Debido a la cantidad aproximada de temperatura que se colectará ( $80^{\circ}\text{C}$ ); obtendremos un voltaje en el termopar de aproximadamente  $V_0 = (41\mu\text{V})(80^{\circ}\text{C}) = 3.28 \times 10^{-3}\text{V}$ .

#### ALMACENAMIENTO:

El almacenamiento de la energía eléctrica colectada a través del termopar, se realizara a través de un pequeño banco de capacitores, con el cual se almacena la energía eléctrica en forma de campo eléctrico, para luego disponer de ella, cuando tengamos un determinado nivel de energía almacenado. Así pues se dispondrán de un circuito RC serie, en donde un arreglo de capacitores en paralelo estarán conectados en serie a una resistencia de  $10\Omega$ , para aumentar la capacitancia del banco, pues debido a la ecuación,

$$C_{AB} = C_1 + C_2 + C_{\dots} + C_n = \sum_{k=1}^n C_k \text{ podemos determinar la capacitancia de un}$$

arreglo en paralelo. Así pues dispondremos de 10 capacitores de tantalio en paralelo a un valor de  $0.9\text{F} - 5\text{V}$ . Que nos darán una capacitancia de  $90\text{mF}$ .

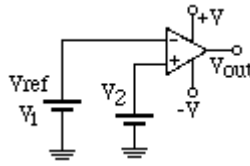
Estos capacitores serán del tipo electrolítico de tantalio, en el que se emplea tantalio en lugar de aluminio, para las placas conductoras. Consigue corrientes de pérdidas bajas, mucho menores que en los condensadores de aluminio y suelen tener mejor relación capacidad/volumen.

La descarga de un condensador esta dada por la ecuación  $\tau = RC$ . En donde letra griega *tau* ( $\tau$ ), se define en un circuito capacitivo como una división de tiempo. Debido a que necesitamos un tiempo de descarga, prolongado, para poder obtener una señal que convoque a las hormigas duradera, según cálculos experimentales, un condensador se descarga al pasar  $5\tau$ . Entonces como la duración del tiempo es proporcional a la capacitancia y a la resistencia del circuito, de la ecuación de *tau* obtenemos  $\tau = RC = 10\Omega / 0.99\text{F} = 11.1\text{s}$ , entonces  $5\tau = 11.1\text{s} \times 5 \cong 55.5\text{s}$

#### CONTROL:

La etapa de control, consiste en un circuito que sea capaz de determinar cuando tenemos suficiente energía eléctrica para lanzar nuestra señal sonora para convocar a las hormigas. A través de un comparador de voltaje, podemos determinar cuando una señal de voltaje es menor mayor o igual a un voltaje de referencia, y obtener una señal de salida, con la cual activemos o desactivemos

el circuito. Así pues de dispone de un amplificador operacional, de la siguiente manera

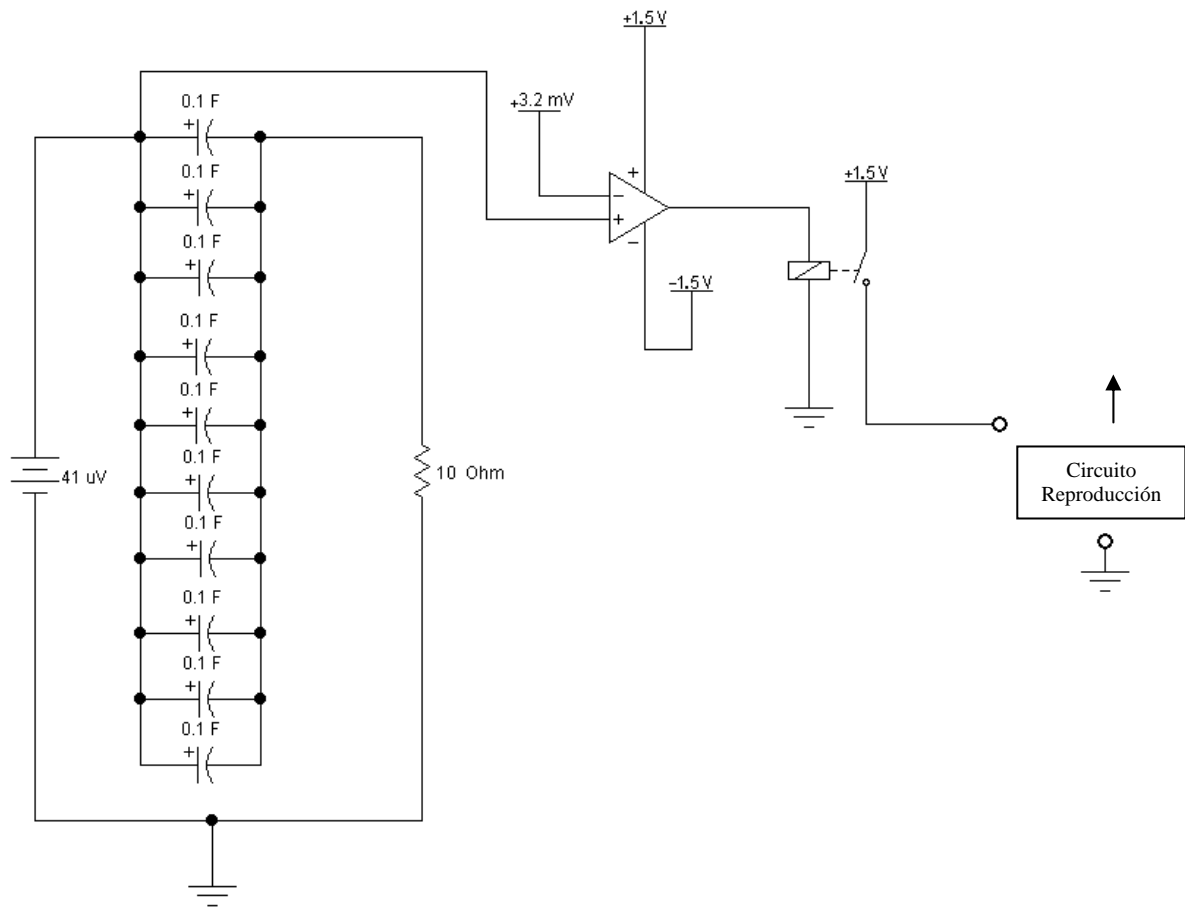


En donde  $V_{out}$  tomara el valor de  $V$ , cuando  $V_2$  sea mayor que  $V_1$ . Entonces, nuestro nivel de referencia  $V_{ref}$  serán 32mV, y  $V_2$  será la salida del circuito de almacenamiento. Así tendremos lista una señal de 1.5 V provenientes de una pila, que será la que alimente el circuito generador de audio. Esta salida estará conectada a un relé normalmente abierto, un dispositivo que actúa como conmutador controlado por voltaje, que abre o cierra los contactos de trabajo. Se denominan contactos de trabajo aquellos que se cierran cuando la bobina del relé es alimentada y contactos de reposo a lo cerrados en ausencia de alimentación de la misma. De este modo, los contactos de un relé pueden ser normalmente abiertos, NA o NO, *Normally Open* por sus siglas en inglés, normalmente cerrados, NC, *Normally Closed*, o de conmutación.

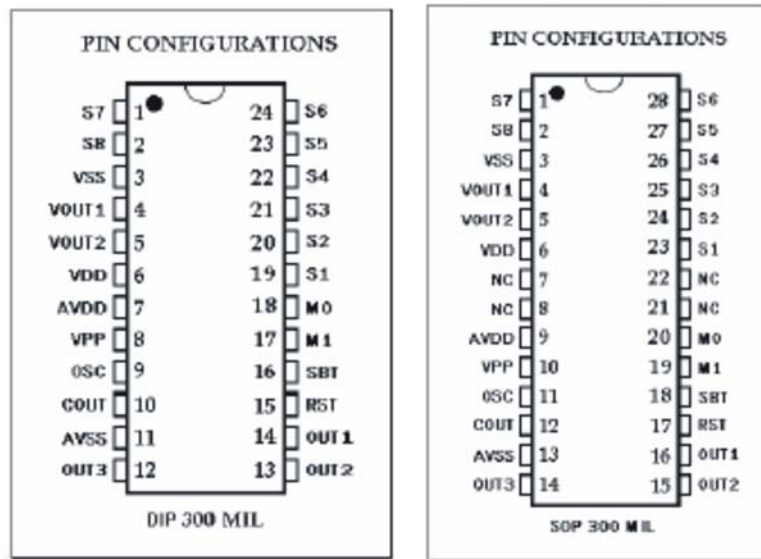
- Los contactos normalmente abiertos conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos son ideales para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.
- Los contactos normalmente cerrados desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.
- Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto NA y uno NC con una terminal común.

Así, cuando obtengamos un nivel alto de voltaje en la salida del amplificador operacional, el relé se cerrara dejando funcionar el generador de audio.

ESQUEMA:



Anotemos que los sonidos se van a grabar un circuito para un Microprocesador de la casa (Aplus integrated systems) modelo con capacidad e almacenar 8Megabites de información que son los necesarios para almacenar las dos señales sonoras que necesitamos.



## Diagnóstico

Para finalizar el documento debo plantear quién se beneficia con el proyecto planteado y para aclararlo debo segmentar la respuesta en dos partes:

1. Inicialmente el proyecto no buscaba beneficiar a algún ente existente vivo, de hecho se planteó como un proyecto teórico el cual en la medida de su desarrollo iría dando pistas claves para desarrollar un proyecto de diseño. Ese fue entonces el orden de ideas, en principio se legó a un producto que era una simulación dura en un ordenador la cual ayudada con algoritmos genéticos era capaz de producir vida artificial. En esa instancia el proyecto es puramente investigativo, conceptual y tecnológico.

2. Luego de plantear el proyecto bajo una simulación virtual, se planteó el traspaso de esa simulación a la vida real, en un ecosistema natural que existiese en el planeta Tierra. Se logró consolidar un proyecto de diseño tecnológico que permite dar paso a muchas investigaciones por parte de diseñadores que quieran trabajar con el tema de energías renovables aprovechando la gran cantidad de biomasa existente en la tierra. En este sentido estricto, el proyecto tendría un benefactor netamente social, satisfaciendo las necesidades energéticas de la comunidad humana en el planeta.

## BIBLIOGRAFIA

ROSNEY, JOEL DE, El Hombre Simbiótico: miradas sobre el tercer milenio, Madrid, Cátedra, 1996.

EMMECHE, CLAUS, Vida Simulada en el ordenador: la ciencia naciente en la vida artificial, Barcelona, España, Gedisa, 1998.

SCHRODINGER, ERWIN, ¿Qué es vida?, Barcelona, España, Tusquets Editores, 1997.

GUATTARI, PIERRE FÉLIX, Las tres Ecologías, Paterna, Valencia, Pre-textos, 2000.

MARGULIS, LYNN, ¿Qué es la vida?, Barcelona, España, Tusquets editores, 2005.

VON BERTALANFFY, LUDWIG, Teoría General de Sistemas, Petrópolis, Vozes, 1976.

BAUDRILLARD, JEAN, El Sistema de Objetos, París, Francia, Editions Gallimard, París, Francia, 1968.

GRUPO ETC, Ingeniería Genética extrema: una introducción a la biología sintética, Enero de 2007.

MORÍN, EDGAR, El Método: La Vida de la Vida, Madrid, España, Cátedra, 1983.

BRIGGS, JOHN P., Espejo y Reflejo del Caos al Orden, Guía ilustrada de la teoría del caos y la ciencia de la totalidad, Barcelona, España, Gedisa, 1990.

BOTKIN, DANIEL B., Armonías Discordantes: una ecología para el siglo XXI, Madrid, España, Acento, 1993.

MATURANA ROMESIN, HUMBERTO / VARELA GARCÍA, FRANCISCO J., De Máquinas y seres vivos: autopoiesis; la organización de lo vivo, Santiago de Chile, Universitaria, 1997.

PALACIO, GERMÁN Y ULLOA ASTRID, Repensando la Naturaleza encuentros y desencuentros disciplinarios en torno a lo ambiental, Bogotá, Colombia, Ed. Universidad Nacional de Colombia, 2002.

PALACIO GONZÁLES, JUAN CARLOS. (Enero 20 de 2006). *Ecosistemas Tecnológicos, Conceptos y Prospectiva para la Gestión Ambiental*. Tesis de grado obtenida no publicada. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

## ANEXOS

### 1. EL MUNDO DE LOS INSECTOS

(Artículo tomado de Wikipedia,  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Metamorfosis\\_\(biología\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Metamorfosis_(biología)))

Los insectos son una clase de animales invertebrados, del filo de los artrópodos, caracterizados por presentar un par de antenas, tres pares de patas y dos pares de alas (que, no obstante, pueden reducirse o faltar). La ciencia que estudia los insectos se denomina entomología.

Los insectos comprenden el grupo de animales más diverso de la Tierra, con unas 950.000 especies descritas,<sup>8</sup> más que todos los otros grupos de animales juntos, y con estimaciones de hasta 30 millones de especies no descritas, con lo que, potencialmente, representarían más del 90% de las formas de vida del planeta.<sup>9</sup> Otros estudios más recientes rebajan la cifra de insectos por descubrir a entre 6 y 10 millones.<sup>10</sup>

Los insectos pueden encontrarse en casi todos los ambientes del planeta, aunque sólo un pequeño número de especies se ha adaptado a la vida en los océanos. Hay aproximadamente 5.000 especies de odonatos (libélulas, caballitos del diablo), 20.000 de ortópteros (saltamontes, grillos), 120.000 de lepidópteros (mariposas y polillas), 120.000 de dípteros (moscas, mosquitos), 82.000 de hemípteros (chinchas, pulgones, cigarras), 350.000 de coleópteros (escarabajos, mariquitas), y 110.000 especies de himenópteros (abejas, avispas, hormigas).

Los insectos no sólo presentan una gran diversidad sino que también son increíblemente abundantes. Se estima que hay 200 millones de insectos por cada ser humano. Algunos hormigueros contienen más de 20 millones de individuos. Se calcula que hay  $10^{15}$  hormigas viviendo sobre la Tierra. En la selva amazónica se estima que hay unas 60.000 especies y  $3,2 \times 10^8$  individuos por hectárea. En un acre (poco más de 4.000 m<sup>2</sup>) de suelo inglés hay casi 18 millones de coleópteros.<sup>11</sup>

---

<sup>8</sup>Ver en: <http://www.environment.gov.au/biodiversity/abrs/publications/other/species-numbers/02-exec-summary.html#vertebrates>. Tomada de:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Anatom%C3%ADa\\_y\\_fisiolog%C3%ADa\\_externa\\_de\\_los\\_insectos](http://es.wikipedia.org/wiki/Anatom%C3%ADa_y_fisiolog%C3%ADa_externa_de_los_insectos).

<sup>9</sup> Ver en: Erwin, Terry L. (1982). «Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species». *Coleopt. Bull.* **36**: 74–75. Tomada de:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Anatom%C3%ADa\\_y\\_fisiolog%C3%ADa\\_externa\\_de\\_los\\_insectos](http://es.wikipedia.org/wiki/Anatom%C3%ADa_y_fisiolog%C3%ADa_externa_de_los_insectos).

<sup>10</sup> Ver en: Erwin, Terry L. (1997). *Biodiversity at its utmost: Tropical Forest Beetles*, pp. 27–40. In: Reaka-Kudla, M. L., D. E. Wilson & E. O. Wilson (eds.). *Biodiversity II*. Joseph Henry Press, Washington, D.C., Tomada de:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Anatom%C3%ADa\\_y\\_fisiolog%C3%ADa\\_externa\\_de\\_los\\_insectos](http://es.wikipedia.org/wiki/Anatom%C3%ADa_y_fisiolog%C3%ADa_externa_de_los_insectos).

<sup>11</sup>Ver en: Brusca, R. C. & Brusca, G. J., 2005. *Invertebrados*, 2ª edición. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid (etc.), XXVI+1005 pp. ISBN 0-87893-097-3. Tomada de:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Anatom%C3%ADa\\_y\\_fisiolog%C3%ADa\\_externa\\_de\\_los\\_insectos](http://es.wikipedia.org/wiki/Anatom%C3%ADa_y_fisiolog%C3%ADa_externa_de_los_insectos).



## 2. UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA

Centro Interdisciplinare di Bioacustica e Ricerche Ambientali

Via Taramelli 24 - 27100 Pavia - Italy  
e-mail : [web@cibra.unipv.it](mailto:web@cibra.unipv.it)

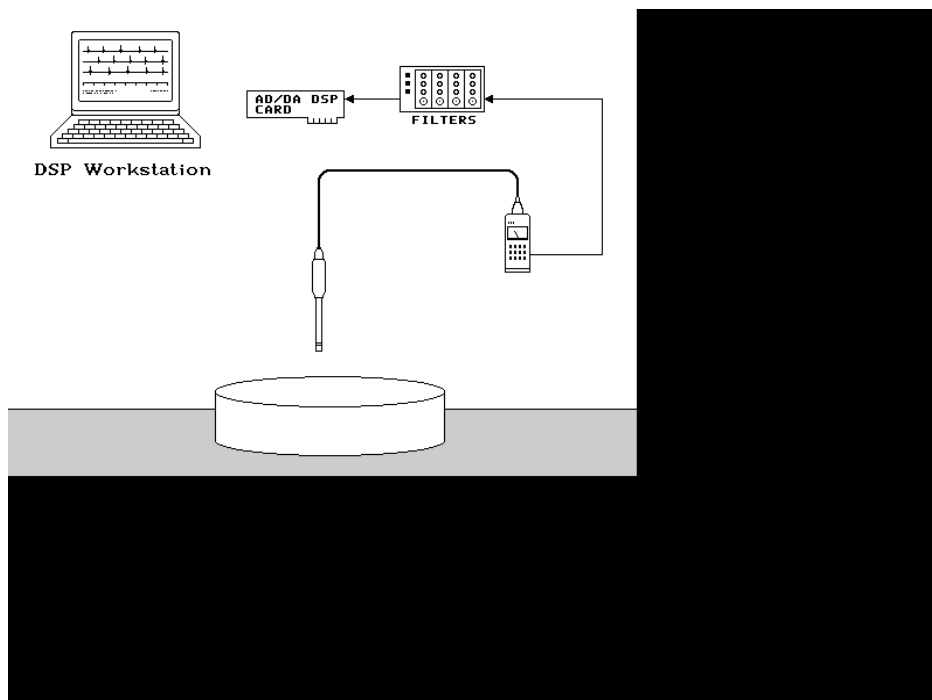
---

### Insects - Sound produced by insects

Sound production and sound producing organs are well known in several orders of insects (*Diptera*, *Hemiptera*, *Lepidoptera*, *Orthoptera*, *Coleoptera*, *Dictyoptera*, *Neuroptera*, *Hymenoptera*). The Institute of Entomology and the Interdisciplinary Center of Bioacoustics carried out research on acoustic communication in two large groups of insects: moths and ants. Some research have been also concerned with some *Coleoptera* species. Actual research deals mainly with ultrasounds, whose role is mostly unknown.

### Methods and Instruments for ultrasound recording and analysis

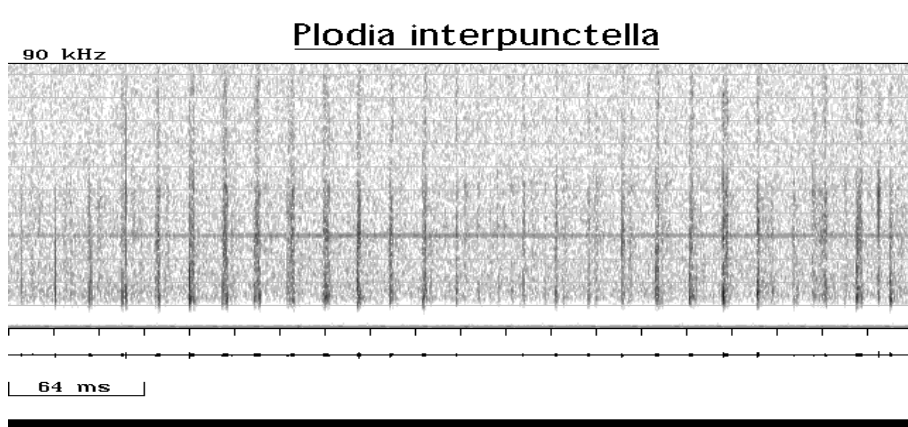
Ultrasonic emissions were detected by means a Bruel & Kjaer (B & K) 2231 phonometer with a B & K 4135 transducer (flat frequency response up to 100 kHz) and a B & K 1627 filter unit. Signals were fed into an NF P61 amplifier and an NF P86 anti-aliasing low-pass filter to be digitally recorded (sampling rate up to 250000 samples/sec) on the PC-based Digital Signal Processing Workstation developed at the Centro. Spectral and temporal analyses were then performed to reveal the structure and the temporal patterning of the signals.



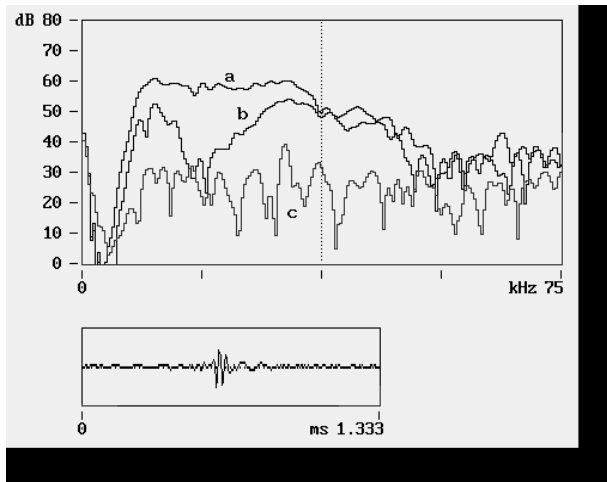
## ***Lepidoptera, moths***

Research on moth courtship behaviour has focused primarily on female pheromones and male behavioural responses to them. Several studies have demonstrated that the complete sequence of courtship behaviour also involves male pheromones and other types of communication, including sound production. Our research concerns sound production in three species of the family *Pyralidae* typically infesting stored products: *Ephestia cautella* (Walker), *Ephestia kuehniella* Zeller, *Plodia interpunctella* (Hübner) .

Sounds produced by these moths consist of regular sequences of ultrasonic pulses with a frequency range up to 80 kHz, emitted by wing-fanning males during courtship behaviour. In these species the male's sound producing organ occurs in front of the *tegulae*, rounded plates that cover the forewing insertions: a pulse is emitted at each wing beat. The pulses are emitted in regular sequences at intervals of 14-24 ms, corresponding to pulse-repetition rates of 41-72 pulses per second. Ultrasonic communication in these moths plays a significant role in mating behaviour. Thus courtship behaviour has been reconsidered with greater emphasis on the interaction between multiple communicative modalities.



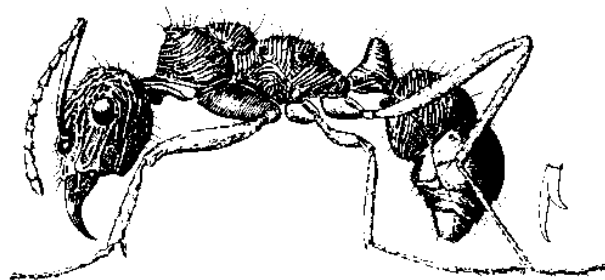
The spectrogram shows the sequence of ultrasonic pulses produced by a wing-fanning male of *Plodia interpunctella*. Frequency range 0-90 kHz, time span 427 ms, tic-marks 21.33 ms, analysis bandwidth 1 kHz.



Spectra of two pulses (a,b) compared to the spectrum of noise (c) in digital recordings of *Plodia interpunctella* (the amplitude scale in dB is relative to an arbitrary reference). The lower graph shows the waveform of the pulse b.

---

### ***Formicidae*, ants**

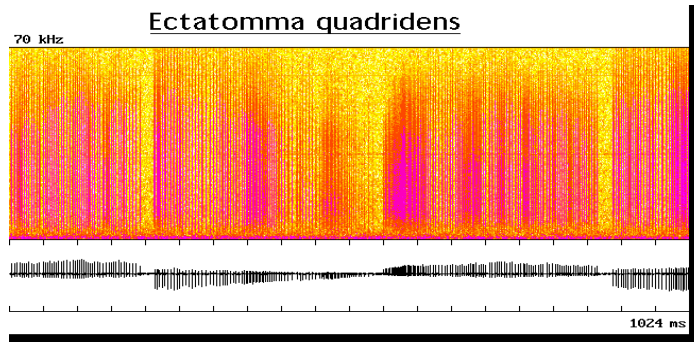


Even if stridulation in ants is a known behaviour, the effective communicative role of sound and ultrasound production is still uncertain. Our research, developed in collaboration with the Laboratory of Ethology of the University of Toulouse (France) and the Department of Biology of the University "La Sapienza" of Rome (Italy), concerns the acoustic emission in neotropical ants.

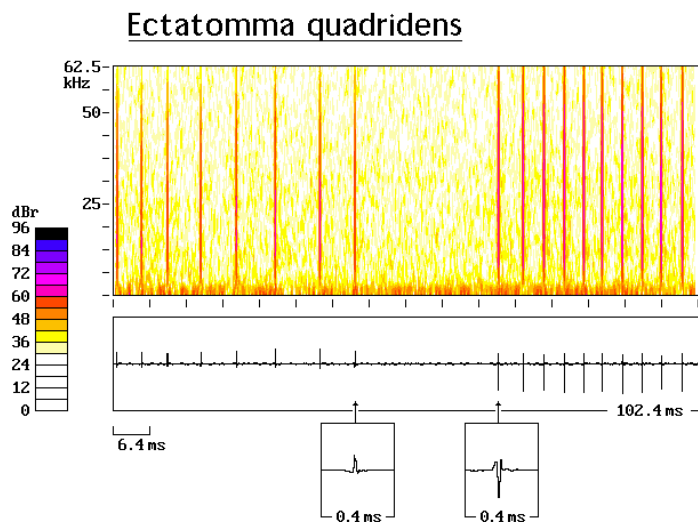
Specimen of five species of neotropical ants, *Ectatomma permagnum* Forel, *Ectatomma quadridens* Fabr., *Ectatomma ruidum* Roger, *Ectatomma tuberculatum* Oliver, *Pachycondyla apicalis* Latreille were tested in the laboratory to verify their ability to produce ultrasounds. The signals recorded from the genus *Ectatomma* appeared homogeneous in their acoustic structure:

they were typically emitted in long sequences and were made of pulse-trains extending in frequency up to 75 kHz and consisted in two subunits (dysyllabic chirps) characterized by pulses with opposite phase. Chirps are produced by the alternate movement of a simple *plectrum* against a *pars stridens*.

On the contrary, in *Pachycondyla* sounds were monosyllabic chirps, consisting in a single train of pulses.

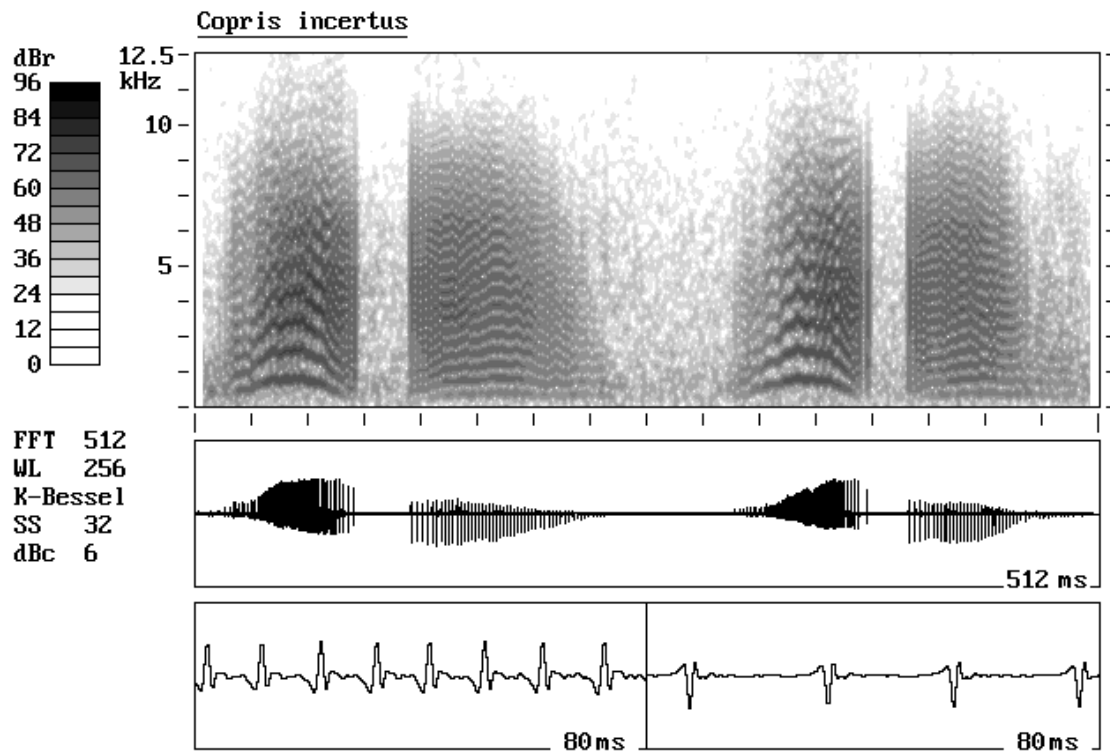


Spectrogram and envelope of signals emitted by *Ectatomma quadridens*. The chirps are clearly dysyllabic.



Spectrogram, envelope and detailed waveforms of pulse trains emitted by *Ectatomma quadridens*: the opposite phase characterizes the two sub-units of the disyllabic chirp.

## Coleoptera



Spectrogram, envelope and detailed waveforms of pulse trains emitted by *Copris incertus* and *Copris hispanus* (Coleoptera Scarabaeidae: Coprinae): the two sub-units of the disyllabic chirps are characterized by pulses with opposite phase. Research made in cooperation with the Zoology Dept. of the University of Torino (1989).

## Referencias

PALESTRINI C., PAVAN G., ZUNINO M., 1990. Acoustic signals and stridulatory apparatus in *Copris incertus* Say (Coleoptera Scarabaeidae: Coprinae). Acta Zool. Mex., Messico, (ns), 39: 1-18.

PAVAN G., PALESTRINI C., TREVISAN E., 1990. Contribution to the knowledge of *Thorectes intermedius* (Costa) (Coleoptera: Scarabaeoidea: Geotrupidae) larval stridulation. Elytron, Spagna, 4: 153-159.

PALESTRINI C., PAVAN G., ZUNINO M., 1991. Acoustic signals in *Copris incertus* Say (Coleoptera Scarabaeidae Coprinae). Ethology, Ecology & Evolution, Special Issue 1: 143-146.

Trematerra P., Pavan G., 1994. Role of ultrasound production and chemical signals in the courtship behaviour of *Ephestia cautella* (Walker), *Ephestia kuehniella* Zeller and *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera:Pyralidae). Proc. 6th Inter. Work. Conf. on Stored-product Protection, 1, Camberra: 591-594.

Trematerra P., Pavan G., Priano M., Serra B., 1994. Interazioni tra differenti canali di comunicazione nel corteggiamento di *Cadra cautella* (Walker), *Ephestia kuehniella* Zeller e *Plodia interpunctella* (Hübner). Atti XVII Congresso nazionale italiano di Entomologia, Udine 13-18 giugno 1994: 309-314.

Trematerra P., Pavan G., 1995. Ultrasound Production in the Courtship Behaviour of *Ephestia cautella* (Walk.), *E.kuehniella* Z. and *Plodia interpunctella* (Hb.) (Lepidoptera: Pyralidae). J. stored Prod. Res., 31 (1): 43-48.

PAVAN G., DE CARLI P., PRIANO M., LACHAUD J.P., BEUGNON G., FANFANI A., GIOVANNOTTI M., 1996. Stridulation in 5 species of Neotropical Ponerinae ants (Hymenoptera, Formicidae). Ins. Soc. Life, 1: 169-172.

LEIS M., PAVAN G., SBRENNNA G., 1996. Intercastal communication in *Reticulitermes lucifugus* (Isoptera, Rhinotermitidae). Ins. Soc. Life, 1: 49-53.

DE CARLI P., PAVAN G., PRIANO M., LACHAUD J.P., FANFANI A., GIOVANNOTTI M., 1996. Analyse comparative des stridulations émises par 4 espèces de fourmis ponérines (Hymenoptera, Formicidae). Actes Coll. Insectes Sociaux, 10: 125-131.

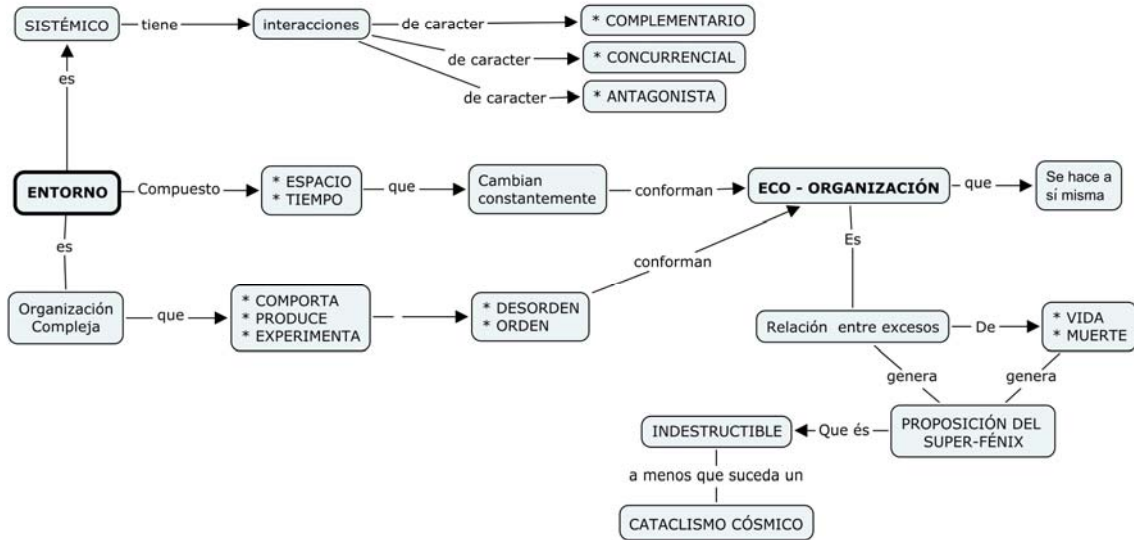
PAVAN G., PRIANO M., DE CARLI P., LACHAUD J.-P., FANFANI A., GIOVANNOTTI M., 1997. Stridulatory organ and ultrasonic emission in certain species of Ponerine ants (Genus *Ectatomma* and *Pachycondyla*, Hymenoptera, Formicidae). Bioacoustics, 8 (3&4): 209-221.

MORI A., GRASSO D.A., LE MOLI F., GIOVANNOTTI M., PAVAN G., PRIANO M., 1998. Morphological and bioacoustical evidence for lack of sound production by queens of *Polyergus rufescens* during host colony usurpation (Hymenoptera, Formicidae). Fragmenta Entomologica, vol. XXX: 191-200.

### 3. LA VIDA DE LA VIDA / EDGAR MORÍN

Mapa conceptual de el libro: La vida de la vida / Edgar Morín:

EDGAR MORÍN / LA VIDA DE LA VIDA / MAPA CONCEPTUAL



#### 4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

