



TESINA PROYECTO DE TÍTULO

# **Centro de Educación e Investigación para Agricultura Hidropónica**

*alumno* Valentina Antonia Ortiz Jarpa

*profesor* Paulo Alegría Barba

*mención* Diseño Sustentable

**09.07.2024**



**TEMA: AGRICULTURA HIDROPÓNICA**  
**CASO: CENTRO DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA AGRICULTURA**  
**HIDROPÓNICA**  
**LUGAR: LOS ÁNGELES, VIII REGIÓN, CHILE**

**POR: VALENTINA ANTONIA ORTIZ JARPA**

**Tesina presentada a la Facultad de Arquitectura y Arte de la Universidad del Desarrollo  
para optar al grado académico / título profesional de ARQUITECTO con mención en  
Diseño sustentable.**

**PROFESOR GUÍA**  
**Arquitecto, Ms. Paulo Simón Alegría Barba**

**Julio, 2024**  
**CONCEPCIÓN**

## DEDICATORIA Y/O AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mis padres, Jaime Adrián Ortiz Suárez, por darme la oportunidad de estudiar la carrera universitaria que elegí, por su sacrificio y compromiso en este proceso y por inculcarme que la prioridad de todo siempre debía ser mi aprendizaje. A mi madre Patricia Andrea Jarpa Gómez, por potenciar siempre mi independencia, hábitos de estudio y sobre todo por creer en mis capacidades.

A mis abuelos, María Mildred Suárez Fuentealba y Jaime Ernesto Ortiz González, por ser contención, seguridad y mi cable a tierra en momentos difíciles, demostrándome que con fortaleza y honestidad podría superar cualquier dificultad.

A mi abuela Elena Oriana Gómez Rivas, por demostrarme que, con humildad y justicia, siempre había que tener consideración con los demás.

A mi abuelo Osvaldo Jarpa Cárdenas, porque a pesar de no tenerte físicamente, te sentí a mi lado en cada paso, fuiste mi inspiración sobre ingenio, creatividad y pasión en todo momento.

A mi sobrinita pequeña Lya Antonia Etter Ruiz, que, aunque aún no lo sepa, desde su linda inocencia, llegó a iluminar mi vida con amor y esperanza cuando más lo necesité.

A mis tíos, primos, hermanos y familia en general por estar pendientes en este proceso, entregándome su apoyo incondicional y cariño más sincero.

A mis amigos, por acompañarnos y contenernos en cada momento, por los trasnoches de desesperación, risas alegrías y emociones. Especialmente agradecer a Francisco Peña González y familia, por siempre darme un lugar cálido en su casa y hacerme sentir como una integrante más de su lindo hogar.

Mis más sinceros agradecimientos al profesor Paulo Alegría Barba, Infinitas gracias por toda su dedicación y paciencia en este proceso, gracias porque en cada corrección siempre buscó herramientas para que pudiera entender de la mejor manera, despertando en mí esa motivación y ansias por seguir aprendiendo, motivación que en algún momento pensé perder. Gracias por que junto con el profesor Diego Martínez, me dieron la oportunidad de hacer ayudantía del taller, instancia donde pude aprender un montón tanto de los alumnos, como de ellos siendo docentes, arquitectos y por sobre todo grandes personas.

Finalmente, gracias a todos los que han sido parte de esta etapa en mi vida, ha sido un camino largo... de muchos altos y bajos, sin embargo, siempre he tenido la suerte de contar con personas maravillosa a mi lado, dándome la fuerza para seguir. Sin duda me falta papel para seguir agradeciendo a tantas tantas personas que han estado para mí, sepan que siempre las llevo siempre conmigo, atesorando los más lindos recuerdos de momentos compartidos y disfrutados.

Muchas gracias de corazón a todos y cada uno...  
Se despide con mucho cariño Vale.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA Y/O AGRADECIMIENTOS.....	iii
TABLA DE CONTENIDOS.....	iv
ABSTRACT .....	5
MARCO TEÓRICO .....	6
1. Importancia de la Agricultura en el Mundo y el Cambio Climático .....	6
2. Desarrollo Sostenible en la Agricultura .....	9
2.1 Buenas prácticas agrícolas .....	10
2.1.1 Manejo de suelo .....	10
2.1.2 Agua para uso agrícola.....	11
2.1.3 Producción de cultivos .....	12
2.1.4 Protección de cultivos .....	12
2.1.5 Energía y gestión de deshechos .....	12
3. Arquitectura en la Agricultura.....	13
3.1 Invernaderos.....	14
3.2 Agricultura Vertical.....	15
4. Cambio Climático en Chile y sus Efectos en la Agricultura .....	18
4.1 Panorama Hídrico en Chile .....	19
4.2 Situación Agrícola en Chile .....	20
5. Educación para el Desarrollo Sostenible.....	22
5.1 Arquitectura Eficiente para educación sostenible en Chile .....	23
5.2 Educación agrícola en Chile .....	26
TEMA .....	28
CASO .....	30
LUGAR .....	32
ESTRATEGIAS PROYECTUALES .....	34
DESARROLLO PROYECTUAL .....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANTECEDENTES ACADÉMICOS .....	57
ANEXOS .....	58

## **ABSTRACT**

La actividad agrícola se enfrenta a desafíos sin precedentes, debido principalmente, a la creciente demanda de alimentos por una población en auge, al aumento del hambre, la mal nutrición, los efectos adversos del cambio climático, la sobreexplotación de recursos naturales, la merma de la biodiversidad y la pérdida en desperdicios de alimentos.

La palabra “agricultura” proviene del latín, agri (campo de cultivo) y cultura (cultivar, habitar). De esta definición se interpreta que, provocando cambios significativos en las prácticas productivas de cultivos, además se estará fomentando una transformación cultural, la cual sea capaz de considerar tanto las necesidades de la comunidad como las de su entorno.

A partir de las problemáticas en torno a la agricultura presentadas en la ciudad de Los Ángeles, se desarrolla un “Centro de Educación e Investigación para Agricultura Hidropónica”, infraestructura educacional enfocada en promover la producción de cultivos hidropónicos, impulsando así, una esencia rural más sostenible y comprometida con el desarrollo urbano de la ciudad a través de la educación.

## MARCO TEÓRICO

### 1. Importancia de la Agricultura en el Mundo y el Cambio Climático

La agricultura nace de la necesidad básica del hombre de poder alimentarse, en donde el proceso consiste en producir cultivos a través de la siembra, el manejo de las plantaciones y posterior cosecha para consumo. Esta actividad es fundamental para el desarrollo de países a nivel mundial, ya que además de producir alimentos, es una actividad que permite el desarrollo socioeconómico de la población, contribuyendo en la generación de empleos siendo un factor importante al momento de disminuir el estado de pobreza en sectores más vulnerables. El desarrollo agrícola constituye uno de los medios más importantes para poner fin a la pobreza extrema, impulsar la prosperidad compartida y alimentar a una población que se espera llegue a 9700 millones de habitantes en 2050. El crecimiento de la agricultura es entre dos y cuatro veces más eficaz que el de otros sectores para incrementar los ingresos de los más pobres. Según análisis realizados en 2016, el 65% de los adultos pobres que trabajan vive de la agricultura (Banco mundial, 2022).

El constante crecimiento poblacional provoca que exista un gran crecimiento en la producción agrícola mundial, y al ser esta una actividad que depende directamente de los recursos naturales disponibles, son éstos mismos los que se ven más afectados en el desempeño de la actividad. Entre los principales recursos podemos destacar (EOSDA, 2022)<sup>1</sup>

- **Agua:** es un insumo fundamental para la producción agrícola y desempeña un papel importante en la seguridad alimentaria. La agricultura de regadío representa el 20 % del total de la superficie cultivada y aporta el 40 % de la producción total de alimentos en todo el mundo (EOSDA, 2022).
- **Suelo:** proporcionan los nutrientes esenciales, el agua, el oxígeno y el sostén para las raíces que nuestras plantas destinadas a la producción de alimentos necesitan para crecer y florecer (EOSDA, 2022).
- **Aire:** las plantas utilizan los gases del aire para crecer. Si no hay suficientes gases disponibles, la planta podría verse afectada negativamente. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el gas principal de las plantas. Las plantas combinan este gas con agua y luz para el proceso de fotosíntesis, que permite la producción de glucosa (EOSDA, 2022).

---

<sup>1</sup> Blog EOS Data Analytics

- **Clima:** afecta directamente la agricultura porque determina las condiciones de producción. Por ejemplo, la temperatura afecta la tasa de desarrollo de la planta en todas sus etapas y por eso incide en los rendimientos (EOSDA, 2022).

Los recursos naturales son los que más sufren las consecuencias al desempeñar la producción agrícola, principalmente ocasionando degradación y contaminación en estos. Si bien la especialización e intensificación de la agricultura convencional ha tenido logros importantes en cuanto al aumento de rendimientos productivos y económicos, también ha resultado en costos para el medio ambiente como son la contaminación del aire y agua, destrucción del suelo, erosión, pérdida de la biodiversidad, emisión de gases de efecto invernadero (GEI), entre otros (ODEPA, 2022)<sup>2</sup>.

Las actividades agrícolas, forestales y los cambios en el uso de la tierra son responsables de alrededor del 25 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Banco Mundial, 2022). Para estar al tanto del efecto de la acción humana en emisiones contaminantes se encuentra el sistema de medición LULUCF<sup>3</sup>, en español UTCUTS<sup>4</sup> el cual indica uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Éstos también se pueden desglosar en las actividades económicas que más contribuyen a la producción de gases de efecto invernadero en el mundo, en donde 24% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero de 2010 provienen principalmente de la agricultura (cultivo de cultivos y ganado) y la deforestación (EPA, 2016) (ANEXO 1).

Con el fin de poder mitigar este impacto, sus consecuencias e inminentes efectos a futuro, naciones de todo mundo han llegado a ciertos acuerdos promoviendo el desarrollo de una agricultura sostenible, que se encargue de un sistema de producción que conserve los recursos, sea ambientalmente sano y económicamente viable.

Para hacer frente al gran ritmo de cambio y a la creciente incertidumbre, hay que concebir a la sostenibilidad como un proceso, y no como un punto final determinado que hay que alcanzar. Esto, a su vez, requiere el desarrollo de marcos de gobernanza, de financiación, técnicos, y políticos, que apoyen a los productores agrícolas y a los gerentes de recursos involucrados en un proceso dinámico de innovación (FAO, 2005).

---

<sup>2</sup> Oficina de Estudios y políticas Agrarias

<sup>3</sup> Land Use, Land-Use Change and Forestry

<sup>4</sup> Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y silvicultura

Como se menciona anteriormente la Agricultura es una de las actividades socioeconómicas de mayor importancia, encargada de la producción alimentaria, su definición según Oxford Languages determina que es un conjunto de actividades y conocimientos desarrollados por el ser humano, destinados a cultivar la tierra y cuya finalidad es obtener productos vegetales (como verduras, frutos, granos y pastos) para alimentación del ser humano y del ganado. Comprendiendo en profundidad como se lleva a cabo la agricultura debemos saber que los procedimientos necesarios son:

- **Preparación de suelo:** esta etapa implica labores como arado, nivelación y roturación del suelo preparándolo para la siembra. También puede incluir la aplicación de enmiendas orgánicas o inorgánicas produciendo una mejora en la fertilidad del suelo a utilizar.
- **Siembra:** consiste en la colocación de semillas o plantas en el suelo previamente tratado para que inicien su etapa de crecimiento y desarrollo. Ésta puede realizarse de forma manual o a través de maquinaria agrícola, como las sembradoras.
- **Riego:** el suministro de agua es esencial para el crecimiento de los cultivos. Los sistemas de riego pueden variar dependiendo de la disponibilidad de agua, del terreno donde se encuentren las plantaciones y las características del cultivo.
- **Manejo de cultivos:** esto implica una serie de prácticas agrícolas que se realizan durante el crecimiento de las plantas para garantizar que su salud y productividad sea óptima. Incluye actividades como el control de malezas, la fertilización, la poda, el control de plagas y enfermedades, entre otros.
- **Cosecha:** es la etapa donde se recolectan los cultivos ya maduros, puede realizarse de forma manual o mediante maquinaria agrícola especializada, como las cosechadoras.
- **Almacenamiento y procesamiento:** luego de la cosecha, los cultivos pueden ser almacenados en instalaciones adecuadas para preservar su calidad y valor, en algunos casos también pueden pasar por procesos de limpieza, clasificación, empaquetado según el destino final de lo cosechado.
- **Comercialización:** esta etapa implica la venta y distribución de los productos agrícolas a los consumidores, lo cual puede implicar la participación de terceros como los mayoristas o minoristas, y el transporte de los productos a través de canales de distribución apropiados. (ANEXO 2).

## 2. Desarrollo Sostenible en la Agricultura

La creciente demanda de alimentos a nivel mundial ha provocado que deban adoptarse medidas y prácticas de protección en la actividad agrícola, con el fin de resguardar los recursos naturales utilizados en la producción de alimentos, generando así una agricultura más sostenible. Para que esto sea posible, la agricultura debe ir de la mano con investigaciones y avances tecnológicos en la materia, adaptándose a éstos e incorporando innovaciones que puedan ser más eficientes y menos perjudiciales en la producción. La agricultura sostenible persigue satisfacer las necesidades humanas de alimentación saludable mediante los siguientes principios básicos: la mejora de la calidad en el medio ambiente, la preservación de los recursos naturales, el uso eficiente de los recursos agrícolas y de las fuentes de energía no renovables, la adaptación a los ciclos naturales biológicos, así como el apoyo al desarrollo económico rural y de la calidad de vida de los agricultores (EOSDA, 2022). Los pasos esenciales para conseguir una agricultura sostenible son:

- Integrar los procesos biológicos y ecológicos, como ciclos de nutrición, fijación de nitrógeno, regeneración del suelo, alelopatía, competencia, depredación y parasitismo, con los procesos de producción de alimentos.
- Minimizar el uso de los métodos no renovables que causan impacto negativo en el medio ambiente, en la salud de los agricultores y de los consumidores de alimentos.
- Aprovechar el conocimiento y habilidades de los agricultores, reforzando su capital humano y su independencia frente a terceros, evitando de este modo tales costes.
- Aprovechar la capacidad de las personas para trabajar juntas y resolver los problemas comunes de la agricultura y de los recursos naturales, como por ejemplo plagas, acequias, riego, etc.

Uno de los desafíos más importantes de la agricultura es poder adaptarse a los efectos del cambio climático y no contribuir a que estos sigan en aumento, es por esto que fomentar la agricultura sostenible se hace imprescindible sobre todo para las generaciones futuras.

El cambio climático representa una seria amenaza para la seguridad alimentaria mundial. Afecta a las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria: la disponibilidad de alimentos, el acceso a los alimentos, la estabilidad del suministro de alimentos, y la capacidad de los consumidores para utilizar adecuadamente los alimentos, incluyendo la inocuidad alimentaria y la nutrición. Los sistemas agrícolas y alimentarios requieren transformaciones fundamentales con el fin de

responder a los desafíos relacionados con la seguridad alimentaria mundial y el cambio climático (FAO, 2023).

## **2.1 Buenas prácticas agrícolas**

Según la definición de la CASAFE<sup>5</sup> Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) son un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas aplicables a la producción, procesamiento y transporte de alimentos, orientadas a asegurar la protección de la higiene, la salud humana y el medio ambiente, mediante métodos ecológicamente seguros, higiénicamente aceptables y económicamente factibles.

De acuerdo con la FAO, existen 5 elementos correspondientes a distintos recursos, disciplinas y prácticas del área, a partir de los cuales se elaboran directrices detalladas de gestión de los distintos sistemas de producción agraria:

### **2.1.1 Manejo de suelo**

El manejo sostenible del suelo busca mantener y mejorar sus características naturales a través de técnicas que aseguren la conservación de la fertilidad, minimizando la contaminación y evitando la erosión, la compactación y su salinidad. Las prácticas para lograr esto son:

- Trabajar con drenajes adecuados.
- Sembrar en terrenos con pendiente.
- Los cultivos deben hacerse en curvas de nivel (sembrando en líneas que respetan un mismo nivel de altura para evitar arrastre de terreno por lluvias), dejando además protección vegetal en los bordes del cultivo.
- Mantener la cobertura del suelo y rotar los cultivos.
- Realizar plantaciones de árboles y arbustos en los bordes de los campos.
- Utilizar cortinas forestales rompevientos.
- Usar fertilizantes en forma adecuada.
- Conocer cuántos nutrientes extraen los cultivos y cuántos fertilizantes minerales o abonos orgánicos se debe reponer para que el suelo no pierda su fertilidad y siga siendo productivo.

---

<sup>5</sup> Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes

### **2.1.2 Agua para uso agrícola**

Se debe prever el uso racional y eficiente del agua, por eso es necesario que exista una planificación correcta de éste, de modo de evitar usos excesivos o insuficientes de agua.

El exceso de agua puede provocar un descenso de oxígeno en el suelo y en las plantas, afectando su crecimiento y floración, pudriendo las raíces, etc.

La planificación correcta del uso de agua en la agricultura nace de las técnicas y sistemas de riego implementadas en esta actividad, las que son:

#### **Recolección de aguas lluvias**

Se trata de una forma alternativa de abastecimiento hídrico basado en la captación, almacenamiento y aprovechamiento de las precipitaciones pluviales (agua de la lluvia) para el consumo cotidiano ya sea doméstico (ANEXO 3), para la agricultura o ganadería. Con técnicas como:

- Estructuras de captación aprovechando techos. (ANEXO 3, Ver figura N°5).
- Instalado en invernaderos. (ANEXO 3, Ver figura N°8).
- Aplicadas en las parcelas. (ANEXO 3, Ver figura N°9).
- Reservorio semi techado. (ANEXO 3, Ver figura N°10).
- Con lona triangular. (ANEXO 3, Ver figura N°11).

#### **Sistemas de riego**

- Riego por goteo: es un sistema que proporciona agua directamente sobre el suelo al lado de la planta. El agua fluye sobre la superficie del suelo, permitiendo que, al ser liberada a baja presión, moje el perfil del suelo en una forma predeterminada.
- Riego por surco o superficial: es un sistema mediante el cual el agua se distribuye por surcos en forma superficial a través de surcos o canales. Para evitar estos problemas se puede revestir el surco con un caño de PVC o polietileno o colocar filtros, aumentando por consiguiente los costos.
- Riego por tendido: consiste básicamente en dejar escurrir o derramar el agua de un canal o acequia, desde la parte alta del potrero hacia los sectores más bajos.
- En el canal, el agua se levanta a nivel y rompiendo éste, el agua escurre por la faja de terreno.
- Riego por bordes: consiste en aplicar el agua en una franja de terreno (platabanda) en el sentido de la pendiente, delimitada por 2 bordes o pretilas. Es un método mejorado del riego por tendido y se consiguen eficiencias del orden del 40 al 60%.

- Riego por aspersión: consiste en aplicar el agua al suelo simulando una lluvia. Este efecto es conseguido gracias a la presión en que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías y es expulsada al exterior a través de las boquillas de un aspersor. Normalmente, la presión requerida se obtiene a partir de bombas hidráulicas las cuales aspiran el agua desde un canal, río o pozo. Sin embargo, el sistema también puede operar sin bombas cuando la fuente de agua se encuentra en una posición más elevada que el terreno a regar (ANEXO 4).

### **2.1.3 Producción de cultivos**

Los cultivos se escogen para satisfacer las necesidades locales del consumidor y del mercado, idealmente teniendo en cuenta el terreno en el que se cultiva y su función con respecto a la rotación de cultivos, actividad que aporta a la gestión y fertilidad del suelo, además de ayudar a combatir las plagas y enfermedades en las plantaciones. La rotación de cultivos es la práctica de plantar diferentes siembras secuencialmente en la misma parcela de tierra, para mejorar salud del suelo, optimiza sus nutrientes y combate la presión de las plagas y las malezas (Rodale, Institute, 2018). Las principales consideraciones para que la producción de cultivos se lleve a cabo de forma óptima son:

- Elección de cultivos.
- Secuencias de producción.
- Aplicación de fertilizantes orgánicos.
- Reciclar cultivos y otros residuos orgánicos.

### **2.1.4 Protección de cultivos**

Es fundamental mantener la salud de los cultivos para obtener buenos resultados agrícolas, tanto de rendimiento como de calidad de los productos. Para que esto suceda es importante:

- No utilizar sustancias nocivas para las personas y el medioambiente.
- Emplear cultivos y variedades resistentes.
- Realizar evaluaciones regulares y cuantitativas (equilibrio entre plagas y enfermedades).

### **2.1.5 Energía y gestión de desechos**

La agricultura genera productos secundarios, algunos de los cuales pueden contaminar el suelo, el agua o la atmósfera y su producción debe reducirse al mínimo, o ser reutilizados en beneficio de la misma actividad, para esto se deben emplear:

- Planes de insumos y productos para la energía, nutrientes y sustancias agroquímicas.
- Prácticas ahorro de energía en edificios, maquinaria (mantenimiento y utilización).

- Otras fuentes de energía como: la solar, eólica, biocombustibles entre otras.
- Compostaje, reutilizar desechos orgánicos y materiales inorgánicos.

### **Compostaje**

Normalmente en su proceso de gestión, ya sea por desconocimiento y/o a la falta de un espacio, las prácticas más habituales para deshacerse de los residuos son la quema, el enterramiento o el abandono del material a la intemperie hasta su pudrición, generando un impacto negativo en el medio ambiente. El compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola. La FAO define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes (Portal Terminológico de la FAO, FAOTERM3). El proceso de compostaje considera un aumento de temperatura de los desechos orgánicos que pueden llegar hasta los 65°C, sin necesidad de intervención antrópica, por lo que existen sistemas de compostaje donde los más comunes son en pilas, en cajas o composteras, abiertas o cerradas. Es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que, a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización (Manual del agricultor, FAO).

### **3. Arquitectura en la Agricultura**

La arquitectura nace de la necesidad del ser humano de establecerse en un lugar y dejar de ser nómada, creando así asentamientos que permitieran su desarrollo en comunidad y protección sobre adversidades climatológicas. La arquitectura vernácula responde a una adecuación a las particularidades climatológicas y geográficas del lugar, aprovechando los materiales disponibles de la zona y las técnicas constructivas típicas de la región (Econova, 2022). La actividad agrícola ha estado presente en los humanos desde el periodo Neolítico, hace unos 10.000 millones de años aprox. En donde esta práctica fue adoptada por poblaciones que adaptaron esta actividad considerando la necesidad de generar alimento bajo las diversas variables bioclimáticas y de terreno en las que se desarrollaban, acogiendo propiamente prácticas vernáculas en sus asentamientos. Con el paso del tiempo y el desarrollo de nuevas tecnologías, nace desde el siglo XIII una manera arquitectónica para adaptarse al clima y generar la producción de alimentos, a través de los espacios cerrados denominados invernaderos.

### 3.1 Invernaderos

Se define como invernadero a un recinto delimitado por una estructura de madera o de metal, recubierta por vidrio o cualquier material plástico de naturaleza transparente, en cuyo interior suelen cultivarse hortalizas y plantas ornamentales en épocas durante las cuales las condiciones climáticas externas no permitirían obtener el producto deseado (Maroto, 1989). Se componen de una estructura recubierta de un material translúcido, se generan microclimas propicios para conservar factores como la humedad, temperatura, ventilación, etc. necesarios el desarrollo de las plantaciones.

Para la óptima construcción de invernaderos se deben considerar en la toma de decisiones factores como, el clima de la región donde serán construidos, qué especies de cultivos se plantarán en su interior, además de que la estructura y cubierta de éste sea concordante con las condiciones climáticas locales, permitiendo un óptimo manejo del clima y por lo tanto del cultivo. Un elemento que determina la estructura del invernadero es el sistema de ventilación. La ventilación es la herramienta más utilizada para refrigerar el invernadero. Un diseño adecuado de las ventanas, en cuanto a tamaño, forma y localización en el invernadero, incrementa el número de renovaciones de aire del invernadero pudiendo permitir unos niveles de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub> adecuados para los cultivos (Evolución estructura de invernaderos, 2006). Para las distintas condiciones ya sean climatológicas o de terreno, existen diferentes tipos de construcción de invernaderos, en donde las principales y más utilizadas son:

- Invernadero túnel: los invernaderos tipo túnel están especialmente diseñados para pequeñas superficies y cultivos de pequeño tamaño como hortícolas de porte rastro o entutorados a baja altura. Resultan ser invernaderos económicos, ya que su estructura es simple y resistente y posibilita su traslado (ANEXO 5, figura N°14).
- Invernadero capilla: el invernadero tipo capilla o también denominado multicapilla, se caracteriza por la forma de su cubierta formado por arcos curvos semicirculares y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero está pensado para climas templados y fríos, aunque la experiencia nos dice que con las modificaciones adecuados se pueden adaptar a casi todo tipo de condiciones climáticas, como puede ser el reforzado de su estructura para climas más fríos, donde las cargas por nieve pueden ser un problema. Por otro lado, tienen gran resistencia a fuertes vientos, así como rápida instalación al ser estructuras prefabricadas (ANEXO 5, figura N°15).
- Invernaderos en dientes de sierra: estos invernaderos contaban con una techumbre única inclinada en ángulos que varían entre 5° y 15° (orientados en sentido este-oeste y con presentación del techo hacia la posición del sol - norte para el hemisferio sur-). El

acoplamiento lateral de este tipo de invernaderos dio origen a los conocidos como dientes de sierra. La necesidad de evacuar el agua de precipitación determinó una inclinación en las zonas de recogida desde la mitad hacia ambos extremos (ANEXO 5, figura N° 16).

- Invernadero capilla modificado (chileno): la modificación respecto al capilla consiste en el ensamble a diferentes alturas de cada cambio, lo que permite generar un espacio para una ventana cenital (lucarna) (ANEXO 5, figura N°17).
- Invernadero tipo parral: denominados parral por ser una versión modificada de las estructuras o tendidos de alambre empleados en los parrales para uva de mesa. Se ventila solamente a través de las aberturas laterales. En la techumbre solo se utiliza un doble entramado de alambre, por entre el cual se coloca la lámina de polietileno, sin otra sujeción (ANEXO 5, figura N°18).
- Invernadero tipo venlo (holandés): es una estructura que está integrada por perfiles de acero galvanizado que, a diferencia de otros está cubiertos por paredes de vidrio. Además, es fácil de instalar y su diseño permite que sea más sencillo de manipular; otra de sus características es que sólo cuenta con ventilación cenital, la cual ayuda a tener una mayor ventilación en todo el cultivo; asimismo, presenta canales pluviales destinados a para una mayor captación de agua. Este es uno de los invernaderos más utilizados en la producción agrícola, principalmente en lugares donde hay muchos cambios de temperatura y donde las condiciones climáticas son bajas, gracias a esto es posible tener mayor seguridad a la hora de cultivar (Hidroponía, 2017) (ANEXO 5, figura N°19).

### **3.2 Agricultura Vertical**

Hoy en día la agricultura sin suelo se considera la clave para alimentar a una población mundial en aumento, en un momento en el que el cambio climático y la agricultura intensiva están causando una rápida pérdida del suelo cultivable. Se estima que cada año se pierde un 1 % de la capa superior del suelo por erosión, principalmente causada por la agricultura. Si se mantienen los valores actuales de degradación, el mundo se quedará sin capa superior del suelo en 60 años, según las Naciones Unidas. De esta manera se han instaurado en el mundo cada vez con más fuerza las prácticas de agricultura urbana, la cual se basa en producir alimentos dentro de los límites de las ciudades tales como patios, terrazas, huertos comunitarios y espacios públicos no aprovechados. Con esto nacen las sky farm o granjas verticales, la cuales consisten principalmente en aprovechar la morfología vertical de los edificios y rascacielos en las ciudades, generando en su interior una producción agrícola también de manera vertical. Este método de horticultura busca maximizar la utilización del espacio de producción al incrementar la superficie

del piso lo que permite producir más plantas en el mismo espacio. Para la aplicación eficiente de este sistema de agricultura vertical los métodos más utilizados son:

### **3.2.1 Agricultura vertical con hidroponía**

Éste consiste en recircular continuamente una solución nutritiva por una serie de canales de PVC de forma rectangular, llamados canales de cultivo. En cada canal hay agujeros donde se colocan las plantas, y estos canales están apoyados sobre mesas o caballetes con una ligera pendiente o desnivel que facilita la circulación de la solución. Luego la solución es recolectada y almacenada en un tanque. Una bomba funciona continuamente durante las 24 horas del día, permitiendo la circulación, por los canales de cultivo, de una película o lámina de apenas 3 a 5 milímetros de solución nutritiva. Esta recirculación mantiene a las raíces en contacto permanente con la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces y un suministro adecuado de nutrientes minerales para las plantas. Como el agua se encuentra fácilmente disponible para el cultivo, la planta realiza un mínimo el gasto de energía para la absorción, pudiendo aprovechar ésta en otros procesos metabólicos (INCAP, 2006)<sup>6</sup> (ANEXO 6, figura N°20). Según Claudia Galleguillos, líder de estrategias hídricas de fundación Chile, en igual cantidad de metros cuadrados, un cultivo vertical puede aumentar la producción entre un 40% hasta un 100% que uno convencional, porque se pueden realizar más cosechas al año, se requieren 30 a 40 días para un cultivo de hortalizas, y lo normal es que se requieran 65, hay una rotación que hace que sea más rentable (DF, 2022)<sup>7</sup>.

Las principales ventajas de este sistema radican en que su diseño compacto permite el ahorro de espacio, no requiere de tierra por lo que se evita la degradación de los suelos, producen un mínimo desperdicio y mantenimiento, logrando así una alta eficiencia y productividad. Por otra parte, algunos de los retos más importantes de la agricultura vertical con hidroponía consisten en los desafíos con los flujos de agua, ya que al tener que proporcionar agua de manera vertical se pueden llegar a requerir bombas de más potencia para alcanzar la altura necesaria, además de los problemas de suministro de luz, ya que si este sistema se aplica en un entorno cerrado el proporcionar la misma cantidad de luz para todas las plantaciones por igual puede ser un desafío, una de las soluciones a esto puede ser el proporcionar luz de manera artificial sin embargo también incurriría en mayores costos de mantenimiento.

---

<sup>6</sup> Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

<sup>7</sup> Diario Financiero.

### **3.2.2 Agricultura vertical con acuaponía**

Este método para el cultivo vertical suele ser utilizado en zonas urbanas donde el suelo no es lo suficientemente fértil para el desarrollo de la agricultura tradicional y donde el agua no es un recurso que abunde. Esto último porque con la acuaponía se cuida la cantidad de agua utilizada (Innovación digital, 2023). A diferencia del sistema de hidroponía los nutrientes en las filtraciones se obtienen del excremento de peces, los que luego se convierten en nitrato lo que conjunto con otros nutrientes hace que su uso sea adecuado para las plantaciones. El amonio  $\text{NH}_4$  (tóxico) liberado por las excreciones de los peces es transformado por dos grupos de bacterias. Las bacterias nitrosomas transforman el  $\text{NH}_4$  en nitritos (tóxico). Estos nitritos son transformados por las bacterias Nitrobacter en nitratos, los cuales ya son asimilables por las plantas. Estas asimilan el N, elemento principal para el desarrollo de estas (Paivert, 2015)<sup>8</sup> (ANEXO 6, figura N°21). La ventaja de utilizar este sistema es que no es necesaria la utilización de pesticidas ni fertilizantes ya que el agua enriquecida en conjunto con el nitrato proveniente del excremento de los peces cumple esa función generando una colaboración entre las plantas y los peces.

### **3.2.3 Agricultura vertical con sustratos**

Puesto que el objetivo principal de la agricultura vertical consta de producir cultivos sin la utilización de un suelo, se presenta la necesidad de que este sea remplazado en el crecimiento de las plantaciones, siendo así los sustratos los que cumplen un papel fundamental. Los sustratos que más se utilizan en este método son perlita agrícola, la piedra pómez, fibras de coco, turba o lana de roca. Las plantas son producidas en sustratos y suplementadas con solución nutritiva; ejemplos de este tipo de sistema incluyen: sistema modificado de flujo y reflujo (ebb and flow, en inglés), capilaridad y camas altas que han sido apiladas una encima de otra o son movidas a estructuras diseñadas verticalmente (Premiertech, 2022)<sup>9</sup>. Deben tener gran resistencia al desgaste o a la meteorización y es preferible que no tengan sustancias minerales solubles para no alterar el balance químico de la solución nutritiva que será aplicada. El material no debe ser portador de ninguna forma viva de macro o microorganismo, para disminuir el riesgo de propagar enfermedades o causar daño a las plantas (Paivert, 2015) (ANEXO 6, figura N°22). Una de las ventajas al utilizar el método de sustratos es que las plantaciones reducen considerablemente el riesgo de contraer enfermedades que son producidas por patógenos propios de los suelos.

---

<sup>8</sup> Paisajes Verticales.

<sup>9</sup> Premier Tech Horticulture.

### 3.2.4 Agricultura vertical Aeropónica

En este caso la raíz se encuentra totalmente en el aire, en donde el sistema consiste en pulverizar el aire con agua para optimizar la aireación e hidratación, de manera que las plantas se colocan en la parte superior de un depósito de agua grande, el cual se llena solamente en un 25%, en el fondo hay una bomba que envía agua a unos atomizadores que se encuentran bajo las raíces, donde esta fina neblina empapa las raíces de forma constante, garantizando que las plantas reciban grandes cantidades de aire y agua a la vez (ANEXO 6, figura N°23). Una de las ventajas que impulsa a la aeroponía como medio de producción más eficiente es la siembra de alta densidad. Y es que las plantas pueden tener un contacto mínimo entre ellas o con cualquier cosa física. También puede haber cosechas de numerosas plantas en un espacio muy reducido. Al estar las plantas situadas en el aire es mucho más fácil controlar las enfermedades y plagas. Todo esto se traduce en factores con un mayor rendimiento y mayor producción (Renovables Verdes, 2019).

Para que los cultivos verticales se integren en un edificio o construcción, existen distintas formas y configuraciones para cultivar en elementos verticales, donde las más utilizadas son:

- **Sistemas de Estanterías o Racks:** implica el uso de estanterías apiladas verticalmente para cultivar las plantas, las cuales pueden estar equipadas con luces LED, sistemas de riego automatizados y controles ambientales para así proporcionar las óptimas condiciones para el crecimiento y producción del cultivo (ANEXO 7, figura N°24).
- **Paredes Verdes:** las plantaciones se cultivan en estructuras verticales fijadas a los muros, estas estructuras pueden contener módulos o paneles individuales donde se coloquen las plantas, utilizando sistemas de riego por goteo, hidroponía, etc. Proporcionando así el agua y los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantaciones (ANEXO 7, figura N°25).
- **Torres de Cultivos:** son columnas verticales que contienen múltiples capas o niveles en los cuales se cultivan las plantas, éstas se colocan en torres dispuestas en diversas morfologías que permitan aprovechar de mejor manera el espacio disponible en el lugar (ANEXO 7, figura N°26).

## 4. Cambio Climático en Chile y sus Efectos en la Agricultura

Chile es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático debido principalmente a sus características demográficas, siendo parte del territorio de casi cuatro mil kilómetros de extensión elementos como mar, cordillera, desierto y bosques, factores por los que existe un constante riesgo en torno a los desastres naturales, como los tsunamis, incendios, terremotos, entre otros. Tomando esto en consideración y sumándole los efectos que el cambio climático pueda provocar en el territorio, se genera un aumento en la ocurrencia de eventos extraordinarios, como aluviones, lluvias extensas, olas de calor, aumento de las temperaturas, escasez de precipitaciones, sequías, etc. Según el último informe bioclimático de la ONU<sup>10</sup> en 2022, Chile cumple con 7 de las 9 condiciones de vulnerabilidad para la ocurrencia de estos desastres. Las emisiones de GEI de Chile representan el 0,26% de las emisiones globales, correspondiendo a 111.667 kt CO<sub>2</sub><sup>11</sup> eq. No obstante, si se considera la captura de emisiones realizada por el sector forestal y las praderas, que asciende a 65.492 kt CO<sub>2</sub> eq, el balance nacional de emisiones es de 46.181 kt CO<sub>2</sub> eq.

Desde el año 2010 en adelante se declaró en Chile emergencia agrícola, esto debido principalmente a la mega sequía que afecta la macrozona centro sur del país, ésta se denomina así ya que hasta la fecha es la sequía más prolongada de la que se tenga precedentes en el país, por factores demográficos en Chile históricamente los periodos más secos o de bajas precipitaciones no se prolongaban por más de dos años. Uno de los factores que más ha influido en la prolongación de la mega sequía es el excesivo aumento de las temperaturas en las últimas décadas, esto teniendo como actor principal el cambio climático antrópico, produciendo grandes olas de calor que provocan un aumento en el déficit hídrico, con la evaporación de zonas cubiertas por nieve por sublimación, cultivos y vegetación natural por evotranspiración, y embalses por evaporación. El Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, en la publicación del Informe a la Nación 2015, señala que más de la mitad del déficit pluviométrico durante la mega sequía es producto de alteraciones climáticas de origen natural y que varían en el tiempo. Sin embargo, el cambio climático antrópico es responsable de al menos un cuarto del déficit observado, una fracción que, se prevé, aumentará en el futuro (ANEXO 8, figura N°27).

#### **4.1 Panorama Hídrico en Chile**

De acuerdo a lo mencionado anteriormente y con los efectos causados por el cambio climático, actualmente el país enfrenta una situación desalentadora respecto al panorama hídrico, en donde las principales problemáticas radican en aspectos como la deficiencia en la gestión del agua y su

---

<sup>10</sup> Organización de las Naciones Unidas.

<sup>11</sup> Dióxido de Carbono.

gobernanza, el crecimiento de las actividades productivas y el sobre agotamiento de derechos en aprovechamientos de aguas, además de la contaminación hídrica como el uso de productos químicos por las agroindustrias. Según un artículo publicado por la Universidad de Chile en el Día Mundial del Agua 2022, se señala que el año 2021 cerró como uno de los años más secos en la historia del país, registrando un déficit de precipitaciones de más de un 50%, una reducción en el agua de embalses, hoy llenos hasta el 45% de su capacidad total de almacenamiento, y una significativa disminución de los caudales en los principales ríos del país. Cabe mencionar que cuando un país se encuentra con que la demanda de agua es más alta que la cantidad disponible se denomina en situación de estrés hídrico, con esto y de acuerdo con el último estudio (2019) de World Resources Institute del Pacto Mundial de las Naciones Unidas, posiciona a Chile en el puesto 18 de 164 países, ubicándolo en el nivel de estrés hídrico alto siendo el primer país de América latina con esta condición. Algunas acciones principales que se deben tomar en cuenta al momento de hacer frente al estrés hídrico tienen que ver con la gestión del agua, las cuales son aumentar la eficiencia agrícola, por ejemplo con sistemas de riego de precisión, invertir en infraestructura verde y gris con plantas de tratamiento o cuencas hidrográficas saludables abordando problemáticas tanto del suministro como de la calidad del agua y tratar, reutilizar y reciclar el agua aprovechando de esta forma los recursos útiles en el aguas residuales. En el contexto hídrico nacional los sectores económicos que más hacen uso consuntivo del agua, es decir que el agua que se utiliza no retorna al sistema, son el consumo sanitario de agua potable, sector industrial, minero y actividad agrícola, siendo esta última la que más hace uso con un 73% del total nacional (ANEXO 8, figura N°28). La agricultura, como principal consumidor de agua dulce (requiere aproximadamente 70% del agua dulce en Chile y en el mundo), es la que más se resiente con estas alteraciones, y con ella, la generación de alimentos a nivel nacional (MOP, 2013)<sup>12</sup>.

#### **4.2 Situación Agrícola en Chile**

La agricultura en nuestro país es una de las actividades de desarrollo económico y social de mayor importancia, ya que se considera como una actividad integral considerando la directa relación que ésta tiene con el entorno, medio ambiente, las agroindustrias y personas que se dedican a ejercer labores dedicadas a las plantaciones de cultivos, producción alimentaria, entre otros. A pesar de sus dificultades territoriales y climáticas para desarrollar la agricultura, en todos los sectores geográficos a nivel nacional se pueden encontrar la existencia de predios agrícolas, según la ODEPA<sup>13</sup> actualmente la agricultura presenta un 10,1 % del empleo generado a nivel

---

<sup>12</sup> Ministerio de Obras Públicas.

<sup>13</sup> Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.

nacional, en donde el 54% de las plantaciones se encuentra en las regiones de La Araucanía, Biobío y Maule, de acuerdo con el documento del panorama de la agricultura chilena 2019 presentado por la ODEPA, el centro-sur del país es donde el sector hace el mayor aporte a las economías regionales y al PIB<sup>14</sup> sectorial, debido a sus ventajas agro-productivas (ANEXO 9, figura N°29).

Actualmente y de acuerdo con el contexto mundial en cuanto al cambio climático y producción de alimentos, la agricultura en Chile presenta grandes desafíos, en donde la principal dificultad será enfrentar la crisis en escasez hídrica que afecta al país desde hace ya 14 años. Esto y otros factores como también la falta de mano de obra, han provocado que la producción de cereales, hortalizas y leguminosas registren una caída del 27% en cuanto a superficie plantada, ante esto el economista agrario y académico de la Uta<sup>15</sup> Roberto Jara, señala que este escenario “Es preocupante, ya que el destino de esa producción es el consumo interno. Y si bien es cierto que la tecnología agraria ha provocado aumentos en los rendimientos, de ninguna manera compensa esa caída tan dramática de la producción de los cultivos anuales”, advirtió. Por su parte la ODEPA menciona que 12 servicios dependientes o relacionados del MINAGRI trabajan con el objetivo de generar herramientas que permitan disminuir la vulnerabilidad de los agricultores, sus medios de vida, de los ecosistemas y de sus sistemas productivos a través de acciones climáticas orientadas a la adaptación en el territorio. En donde se considera la propuesta de un plan de acción por la vulnerabilidad del sector agrícola frente al cambio climático, para esto se establecen 5 lineamientos estratégicos principales:

- Mejorar la competitividad de la agricultura.
- Fomentar la investigación e innovación.
- Promover la sustentabilidad económica, social y ambiental.
- Transparencia y acceso a mercados.
- Modernizar el Ministerio de la agricultura y sus servicios.

Comprendiendo la dependencia directa que tiene la actividad con los eventos climáticos adversos y sumándole la creciente expansión urbana que contribuye al aumento en la contaminación en el medio ambiente por factores como el mal manejo de residuos, contaminación del aire, entre otros, se debe tener en cuenta el impacto que estas generan en la agricultura, generando pérdidas de

---

<sup>14</sup> Producto Interno Bruto.

<sup>15</sup> Universidad de Talca, Chile.

un gran número de tierras agrícolas productivas, debido a esto es necesario abordar el desarrollo rural más allá de seguir implementando políticas agrícolas, creando una nueva mirada que promueva un desarrollo integral de la actividad entre lo económico, social, cultural y medioambiental, en donde por ejemplo se fomente la integración de la actividad agrícola en áreas urbanas, implementando las medidas de buenas prácticas, en conjunto con nuevas tecnología, sistemas innovadores, capacitación agrícola urbana, de tal manera que no se sigan degradando el ambiente y ecosistemas por la producción agrícola, y así integrarla de una manera más sustentable al territorio.

## 5. Educación para el Desarrollo Sostenible

Con el fin de fomentar el cuidado del entorno y la sostenibilidad entre el ser humano con el territorio donde habita, se debe generar un cambio cultural y de prácticas responsables con el medio ambiente, cambio en donde la educación pasa a ser un factor clave para generar efectos positivos y significativos en el desarrollo de las generaciones futuras. A fin de promover estos cambios, agentes internacionales han implementado una serie de medidas y métodos en donde se pretende motivar a los alumnos a cambiar su conducta, a que adquieran nuevas competencias y pensamiento crítico en pro del desarrollo de la sustentabilidad. La UNESCO<sup>16</sup> en su Agenda para el Desarrollo Sostenible, contempla 17 ODS<sup>17</sup> que son universales e indisolubles, en donde si bien hay varios objetivos que tienen por lo menos una meta que hace referencia al aprendizaje, la formación, la educación o al menos a la sensibilización de los temas fundamentales del desarrollo sostenible, se visualizan tres que explicitan la educación como proceso fundamental para alcanzar una sociedad sustentable:

- **Educación de Calidad, ODS 4:** Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- **Producción y Consumo Responsable, ODS 12:** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- **Acción por el Clima, ODS 13:** Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (ANEXO 11, figura N°36).

---

<sup>16</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

<sup>17</sup> Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En respuesta al llamado de la UNESCO, el año 2005 el Gobierno de Chile inició la elaboración de la PNEDS<sup>18</sup>, con esto se generó un nuevo concepto referente a la educación ambiental en el país, en donde se considera a la naturaleza como un elemento activo dentro de la sociedad, que reacciona a las manifestaciones culturales y decisiones tomadas por el ser humano. Es por esto que se pretende conocer y analizar los procesos de la naturaleza, entendiendo la capacidad limitada del entorno para poder regenerarse. En Chile la elaboración de las PNEDS, a través del documento articulador logrado, estableció 5 objetivos enfocados en la educación para el desarrollo sostenible:

**Objetivo 1:** identificar y fortalecer los contenidos curriculares pedagógicos y evaluativos que permitan formar en los contenidos y prácticas propios de la evaluación para el desarrollo sustentable.

**Objetivo 2:** instaurar procesos de educación permanente que promuevan una sociedad civil empoderada y comprometida con la construcción de una sociedad sustentable.

**Objetivo 3:** articular la coordinación intersectorial e interinstitucional y el trabajo en red, maximizando el impacto de los programas de educación para el desarrollo sustentable.

**Objetivo 4:** introducir consideraciones sobre la educación para el desarrollo sustentable al mundo del trabajo (empresas-trabajadores), en el ámbito de la capacitación del personal, producción y la gestión empresarial en general.

**Objetivo 5:** fomentar y ejecutar transversalmente las temáticas público, privada y de la sociedad civil, relacionadas con la educación para el desarrollo sustentable, en los planes de acción regionales.

### **5.1 Arquitectura Eficiente para educación sostenible en Chile**

Dado que las personas pasan un 70% de sus vidas en un aula escolar se hace indispensable que los establecimientos logren las condiciones básicas de confort, para que la calidad de los espacios y confort higrotérmico no afecten negativamente la capacidad de aprendizaje de las personas. Diferentes investigaciones han entregado evidencia sobre la influencia del confort ambiental en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Estas investigaciones han permitido en definitiva una mejor comprensión sobre como la arquitectura y el entorno influyen en los procesos cognitivos, a través de la iluminación natural, la acústica, la calidad del aire y la relación con la naturaleza (AChEE<sup>19</sup>,2012). Debido a esto se desarrolla la Guía de eficiencia energética

---

<sup>18</sup> Política Nacional de Educación para el Desarrollo Sustentable.

<sup>19</sup> Agenda Chilena de la eficiencia energética.

en educación en Chile, la cual establece parámetros básicos para la construcción de edificios educativos.

#### **Confort térmico y propiedades de la envolvente**

Los estudiantes usualmente permanecen por una extensa cantidad de tiempo en las aulas o espacios de estudio, realizando sus actividades lo que implica que sean más susceptibles a ciertos cambios en la variabilidad térmica de estos espacios.

#### **Calidad de aire y ventilación**

La buena ventilación en un edificio es un factor que ayuda a mantener una calidad de aire saludable, lo que permite condiciones convenientes para el desarrollo de actividades humanas dentro de él.

#### **Confort lumínico**

Un diseño arquitectónico con una buena incorporación y acceso a la luz natural otorga un alto nivel de confortabilidad en los establecimientos educativos, en donde el factor luz natural o artificial incide directamente en las actividades visuales que se desarrollen dentro del aula.

#### **Confort acústico**

La importancia del confort acústico en las aulas educativas radica en que si el mensaje entregado por el locutor (profesor) no es entendido correctamente por el receptor, en este caso los alumnos, gastarán más de sus energías, recursos físicos y mentales en tratar de entender o descifrar el mensaje hablado, causando así distracciones y agotamiento, lo que no permitirá un correcto desempeño en el aprendizaje.

### **ANEXO 12**

<p><b>Confort térmico</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aislación térmica en muros</li> <li>• Aislación térmica en techumbre</li> <li>• Aislación térmica en pisos</li> <li>• Aislación térmica en ventanas</li> </ul>	<p>Figure 2.3: Envoltorio térmico continuo - aulas con panel cerrado</p> <p>Figure 2.4: Envoltorio térmico continuo - aulas con panel abierto</p> <p>Figure 2.5: Tipos fuertes de infiltraciones en las edificaciones</p> <p>Figure 2.6: Techos ventilados.</p>
<p><b>Calidad de aire y ventilación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilación-enfriamiento lateral por una abertura</li> <li>• Ventilación-enfriamiento lateral por dos aberturas superior e inferior en una fachada</li> <li>• Ventilación-enfriamiento transversal (cruzada)</li> <li>• Ventilación stack directa</li> <li>• Ventilación convectiva indirecta</li> <li>• Ventilación híbrida</li> </ul>	<p>Figure 2.26: Ventilación lateral por una abertura.</p>

<p><b>Confort lumínico</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventana lateral baja o ventana de vista</li> <li>• Ventana lateral superior</li> <li>• Repisas de luz</li> <li>• Luz cenital</li> <li>• Iluminación cenital central</li> </ul>	
<p><b>Confort acústico</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importancia del contacto visual al momento de detectar obstáculos presentes entre fuente sonora (docente) y receptores (estudiantes).</li> <li>• Cielo reflectante en aulas</li> <li>• Generación de eco fluctuante a causa de poseer el aula una pared posterior con características reflectantes.</li> </ul>	

## 5.2 Educación agrícola en Chile

El proceso educativo responde al desarrollo social, económico y cultural de cada país, al ser la agricultura una de las actividades económicas más importantes de Chile, en el año 1997 se

desarrolla una conferencia en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile, en la cual se intercambiaron ideas y se llegaron a acuerdos lo que permitió dar un paso importante para fortalecer la educación agrícola superior chilena desde una mirada más sustentable. La importancia de la capacitación agrícola radica en incrementar los resultados productivos de las personas que se dedican a esta actividad, incrementando así sus conocimientos y proporcionándoles las herramientas necesarias para que se puedan desenvolver de manera óptima, además tomando en cuenta la velocidad con la que se va desarrollando la economía y constante modernización de la agricultura mundial.

En el año 2002 se inició un Modelo de Competencias Laborales para el sistema agroalimentario chileno, ya que en ese momento se había definido una estrategia a largo plazo por lo que se requería repensar la evolución de ésta y la condiciones en las que los profesionales se insertarían en el mundo laboral. En 1995 la OIT<sup>20</sup> declara que Chile deberá tener una mano de obra educada calificada, productiva, comprometida con las empresas y el desarrollo del país, ya que la experiencia internacional demuestra que el éxito de una estrategia de calidad y productividad para por el desarrollo y valorización de los recursos humanos a todo nivel; la optimización del uso de todos los insumos productivos no es factible sin la participación de la mano de obra especializada. Hasta hace algunos años la educación agropecuaria se adquiría mayoritariamente a través de una Educación Media Técnico – Profesional, la cual se concentra hacia los sectores rurales del país, ayudando así a estudiantes provenientes de familias de bajos recursos a poder desarrollarse y desenvolverse mejorando sus posibilidades laborales, como también siendo un aporte de capital humano al sector agrícola del país. De acuerdo con la ODEPA en el documento “La importancia de la Educación Media Técnico – Profesional Agropecuaria, 2010” se señala que La EMTP<sup>21</sup>, en particular la de carácter agropecuario, es una de las principales vías a través de las cuales un egresado de la educación secundaria se inserta en un mundo laboral donde se encuentra un contexto de fomento a las agroexportaciones. Esto demanda grados de especialización técnica necesarios para una óptima sincronización entre la formación y el posterior desempeño del egresado.

Hoy en día el plan propuesto por el Ministerio de Educación en el área Agropecuaria espera que los estudiantes hayan desarrollado las siguientes competencias:

- Aplicar técnicas de cultivo de especies vegetales (hortícolas, frutales, cereales, cultivos

---

<sup>20</sup> Organización Internacional del Trabajo.

<sup>21</sup> Enseñanza Media Técnico – Profesional.

industriales), al aire libre y en ambientes forzados, utilizando maquinaria, herramientas e instrumental, de acuerdo con las características fisiológicas de los cultivos, propósitos productivos, sistema de producción, características del terreno y del ecosistema, según la legislación vigente.

- Podar, ralear y conducir frutales para optimizar la producción, utilizando equipos y herramientas, de acuerdo con las características de las especies, propósitos productivos, sistemas de producción, características del terreno y clima.
- Ejecutar prácticas de post cosecha, dirigidas al fruto y al predio, a fin de resguardar la calidad del producto y sustentabilidad del predio.
- Ejecutar labores de acopio, clasificación y guarda de productos agrícolas diversos, de acuerdo con sus características fisiológicas y a sus destinos en el corto, mediano y largo plazo.
- Ejecutar acciones de mantenimiento preventivo y correctivo básico de la maquinaria, equipos e implementos agrícolas (ANEXO 10, figura N°33).

De la mano con el ámbito educacional, la investigación e innovación agrícola han sido parte fundamental para el desarrollo agroeconómico chileno, en donde instituciones como el SAG<sup>22</sup>, INDAP<sup>23</sup>, FIA<sup>24</sup>, entre otros, han impulsado iniciativas de innovación que contribuyan a mejorar las condiciones de vida y trabajo para los agricultores en todas las regiones del país. En Chile la innovación en los sistemas utilizados en la agricultura son de gran relevancia puesto que en ámbito de producción alimentaria y por efectos estacionarios en Chile, se tienen al año 2 instancias de cosecha y por tanto de producción favoreciendo a la exportación de productos, situación que en otros países latinoamericanos se da normalmente hasta 3 veces, es por esto que la inversión y avance de nuevas tecnologías agrarias se vuelve un factor clave en el crecimiento de la actividad y del desarrollo socioeconómico del país.

## TEMA

### Sustentabilidad en la Agricultura

Se espera que para el año 2050 exista un crecimiento poblacional que llegue a los 9.300 millones de habitantes en el mundo, lo cual ha generado cierta preocupación en las naciones y organismos

---

<sup>22</sup> Servicio Agrícola y Ganadero.

<sup>23</sup> Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario.

<sup>24</sup> Fundación para la Innovación Agraria.

internacionales, puesto que esto significa aumentar también la producción de alimentos, lo que estaría directamente relacionado la actividad agrícola mundial. El aumentar la producción alimentaria significa también generar un mayor impacto en los recursos naturales utilizados por esta actividad, como la tierra, el agua, el aire y el clima, lo que también provoca un mayor impacto en los efectos que produce la explotación de estos frente al cambio climático que vivimos actualmente. Siendo Chile un país altamente vulnerable frente a esta nueva realidad, cumpliendo con 7 de los 9 criterios definidos por la ONU, el sector silvoagropecuario se ve particularmente afectado por los efectos de este cambio, ya que depende directamente del clima, lo que plantea desafíos relevantes en adaptación (Panorama de la agricultura chilena, ODEPA, 2019).

Una manera de poner en evidencia el efecto que causan las actividades relacionadas con el desgaste y uso de los suelos, es el sistema de medición UTCUTS, el cual indica uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y selvicultura, y en donde se pueden esclarecer los porcentajes de emisiones y absorción de gases de efecto invernadero por actividades, en este caso asociados a la actividad agrícola, la que actualmente a nivel mundial aporta con un 24% de las emisiones.

Del mismo modo un 70% de las extracciones de agua dulce a nivel mundial van destinadas al riego para producción agrícola, por lo que se hace indispensable implementar una agricultura sustentable que promueva las buenas prácticas agrícolas, como sistemas de riego eficientes, rotación de cultivos, construcción de invernaderos, actividades de compostaje, etc. asegurando la protección del medio ambiente, su viabilidad económica y equidad social. Un modo de poner en práctica la agricultura sustentable siendo eficiente en la utilización de los recursos, es implementar la agricultura vertical, utilizando una menor superficie de suelo para producir mayor cantidad de cultivos y generando que el agua utilizada para riegos se proporcione de manera controlada provocando menos pérdidas en los recursos utilizados. En las explotaciones de cultivo vertical, las plantas pueden cultivarse de forma hidropónica, aeropónica o acuapónica, lo que reduce la necesidad de sustratos de suelo, que cada vez son más caros y difíciles de conseguir. Las raíces de las plantas crecen en agua oxigenada rica en nutrientes, por lo que estos procesos de cultivo requieren de grandes cantidades de agua dulce de alta calidad. Para mitigar esto, la mayoría de las operaciones hacen circular continuamente el agua a través de sus sistemas de cultivo, filtrando y purificando el agua durante el proceso (Moaler inc., marzo 2022).

Debido a esto, en el mundo se ha hecho cada vez más frecuente la integración de granjas urbanas y verticales con cultivos insertos dentro de la ciudad, utilizando en su mayoría los sistemas de cultivos hidropónicos mencionados anteriormente, los cuales aportan a mitigar el

impacto que tiene la actividad agrícola en el medio ambiente, a su vez permitiendo asegurar los recursos alimenticios requeridos por la población que se encuentra en constante aumento. Dado el panorama mundial presentado, en Chile se hace perentorio poder implementar y promover este tipo de prácticas sostenibles dentro de la agricultura, principalmente por medio de la capacitación para las personas que desempeñen esta actividad en el escenario nacional presente y futuro.

## **CASO**

Centro de Educación e Investigación para Agricultura Sustentable Urbano-Rural.

Dado que Chile es el mayor exportador frutícola del hemisferio sur y por lo tanto la actividad agrícola es una de las más importantes en el ámbito socioeconómico del país, es de gran importancia potenciar la innovación e investigación en la educación agrícola chilena.

En general las personas pasan una gran parte de sus vidas en establecimientos educacionales, por lo que abordar la agricultura desde el ámbito educacional se vuelve un punto clave para realizar cambios a nivel cultural, abordando a la actividad de una manera más sustentable y responsable con el medio ambiente. El proponer un centro de educación e investigación agrícola responde a la necesidad de fomentar esta actividad, de tal manera que proponga realizar agricultura que genere un menor impacto ambiental y que la actividad pueda integrarse frente al actual contexto de constante expansión urbana de parte de las ciudades. El rápido avance científico y tecnológico, junto a la dinámica de precios de los alimentos y de energía que se proyectan para el corto y mediano plazo, plantea a nuestros productores, exportadores y agroindustriales nuevos desafíos y mayores exigencias para mantener y mejorar su nivel de competitividad, la incorporación de tecnología, la capacitación y adaptación de los trabajadores y su capacidad de agregar valor a los productos (ODEPA, 2019).

Para poder comprender de mejor manera como se implementan los programas de educación para promover las buenas prácticas de cultivos dentro de las ciudades, se analizó como referente el Cité Marachère, edificio que se encuentra en Romainville, Francia. Se ubica inserto en un barrio en proceso de regeneración, produciendo así un vínculo entre la horticultura tradicional y la moderna dentro de la ciudad (ANEXO 13, figura N°37). Con una superficie de 2060 m<sup>2</sup> el edificio

principales dedicados a la explotación agrícola vertical, donde el primer nivel se compone de un acceso central, un espacio pedagógico y de formación, seguido de una cantina y tienda de abarrotes, elementos que favorecen a que se genere una economía circular dentro del él (ANEXO 13, figura N°38). Los siguientes niveles se componen de las granjas verticales dedicadas a la explotación agrícola, en donde se disponen las plantaciones de tal manera que se deja un espacio central entre ellas, la cual permite la circulación tanto de las personas como del aire y la luz, proporcionando de manera eficiente los elementos básicos para el desarrollo de los cultivos se desarrolla en dos volúmenes (ANEXO 13, figura N°39 y 40).

Los requerimientos básicos para que se desarrolle educación agrícola en un establecimiento, es contar con recintos con características como invernaderos, cámaras de frío, zonas de compostaje, laboratorios y en general donde se puedan enseñar los procedimientos de siembra, mantención y cosecha de productos agrícolas. Para incorporar estos programas de manera sustentable en un edificio, se estudió otro referente denominado Institute For Forestry and Nature Research, ubicado en Holanda, destinado para 300 trabajadores aprox. el cual cuenta con 11.800 m2 de laboratorios, oficinas, biblioteca, centro de conferencias, comedor y cocina, dentro de este programa los articuladores principales del edificio son los patios interiores que funcionan como atrios, permitiendo espacios comunes entre los ocupantes del complejo educacional que se encargan de humidificar el ambiente, reducir el ruido, mejorar el ánimo y bienestar provocando que la enseñanza dentro del edificio sea más completa y sustentable para las personas con su entorno (ANEXO 14, figuras N°41 y 42).

Nivel	m2	Carga Ocupación
<b>Nivel 1</b>		
Administración	16 m2	2 personas
Sala de Reunión	32 m2	40 personas
Hall acceso principal	36 m2	30 personas
Laboratorio fertilizantes orgánicos	74,4 m2	14 personas
Acopio	16 m2	2 personas
Cámara de frío	6 m2	1 persona
Cultivos Luz LED	34 m2	6 personas
Cafetería	72,2 m2	20 personas
Cuarto de Herramientas	9 m2	3 personas
Bodega	6 m2	2 personas
Estanque Acuaponia	77,8 m2	
		Total: 120 personas

<b>Nivel 3</b>		
Taller Cultivo hidropónico	128 m2	25 personas
Sala Plataformas hidráulicas	16 m2	2 personas
Sala de Estudio 1	36 m2	24 personas
Sala de Estudio 2	20 m2	13 personas
Terraza	45 m2	9 personas
Auditorio	170,4 m2	340 personas
Camerino	23,04 m2	4 personas
Laboratorio Biotecnología vegetal	128 m2	25 personas
Cámara de frío	15 m2	3 personas
Área fertilización 1	16 m2	2 personas
Área fertilización 2	12 m2	2 personas
Laboratorio 2	48 m2	9 personas
Cámara de frío 1	6 m2	1 persona
Cámara de frío 2	6 m2	1 persona
Taller Cultivo Aeropónico	112 m2	8 personas
Cámara de frío principal	31,5 m2	6 personas
		Total: 474 personas

Nivel 2		
Sala profesores	48 m2	32 personas
Recepción	8 m2	2 personas
Bodega de Limpieza	11,48 m2	2 personas
Salas de Clases (4)	112 m2	72 personas
Sala de Conferencia	72 m2	24 personas
Taller Culinario	80 m2	16 personas
Cámara de frío	5 m2	1 persona
Bodega	3 m2	1 persona
Recepción	12 m2	3 personas
Bodega (2)	12 m2	4 personas
Administración	24 m2	3 personas
Finanzas	12,5 m2	2 personas
Cocina	40, 8 m2	3 personas
Comedor	198 m2	198 personas
Cámara de frío	8 m2	2 personas
		Total: 365 personas

Nivel 4		
Sala de Control	64 m2	6 personas
Bodega	9 m2	3 personas
Sala de Germinación principal	96 m2	10 personas
Bodega	6 m2	2 personas
Sala de Germinación 2	48 m2	5 personas
Bodega 1	6 m2	2 personas
Bodega 2	6 m2	2 personas
		Total: 38 personas

Nivel 5		
Producción de Cultivos	156 m2	15 personas
Estanques de Agua	79 m2	5 personas
		Total: 20 personas

## LUGAR

Los Ángeles, Región del Bio-bío.

La región del Bio-bío concentra un 28% de la superficie nacional dedicada a cultivos, en donde la ciudad de Los Ángeles tiene mayor cantidad de uso de suelos dedicados a la actividad agrícola, en la cual las distintas actividades ligadas a este rubro brindan un 25% de los empleos de la ciudad, en donde además de actúa como principal nodo de comercio y servicios para comunas aledañas como, Yumbel, Negrete, Santa Bárbara, Mulchén, Tucapel, sólo por mencionar algunas. La comuna de es la capital provincial del Bío-bío, se encuentra a 127.4 km de Concepción y 512.4 km de Santiago.

El Clima en Los Ángeles es mediterráneo continentalizado, con estaciones muy marcadas de periodos secos y lluviosos. En verano se caracteriza por registrar temperaturas elevadas, con marcas históricas de hasta 43,6 °C en febrero de 2016 y 45,2 °C el 26 de enero de 2017. El invierno se caracteriza por ser una estación esencialmente lluviosa concentrando más del 85% del total anual, además de bajos registros de temperatura, con frecuentes heladas (ANEXO 16, figuras N°47 y 48). En cuanto a los vientos predominantes anuales, estos presentan una dirección Sur.

Como antecedente tenemos que la evolución de la población urbana de los últimos 50 años en la ciudad demuestra un claro aumento exponencial, en cambio la población rural se ha mantenido a lo largo de los años. Actualmente existen alrededor de 700 familias que se dedican a la

agricultura como tal y viven de esto, lo que de igual forma se ve reflejado en la disminución de matrículas en establecimientos educacionales que imparten carreras ligadas al rubro agrícola, como lo son el Liceo agrícola y forestal el Huertón, el Instituto Técnico – Profesional INACAP, además de las universidades Santo Tomás, Pontificie Universidad Católica y Universidad de Concepción campus Los Ángeles. Con la finalidad de reforzar la educación entorno a esta actividad, se escoge un terreno estratégico para emplazar el proyecto, que no solo esté equidistante de los establecimientos educacionales citados, sino además que cuente con una buena accesibilidad y conexión formas de movilidad de la ciudad (ANEXO 17, figura N°49), considerando los recorridos de los buses urbano-rural. Así se definió que un terreno baldío en el barrio Alemania es el que mejor se adecúa a los requerimientos anteriormente mencionados. Éste se encuentra ubicado en una zona ZM-2<sup>25</sup>, que cuenta con accesibilidad desde la calle colectora Marconi y desde la Avenida Ricardo Vicuña, ésta última correspondiente a una calle proyectada según el PRC<sup>26</sup> de la ciudad (ANEXO 17, figuras N°51 y 52).



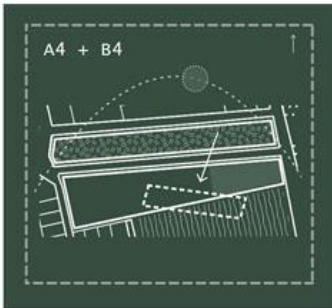
---

<sup>25</sup> Zona Mixta – 2.

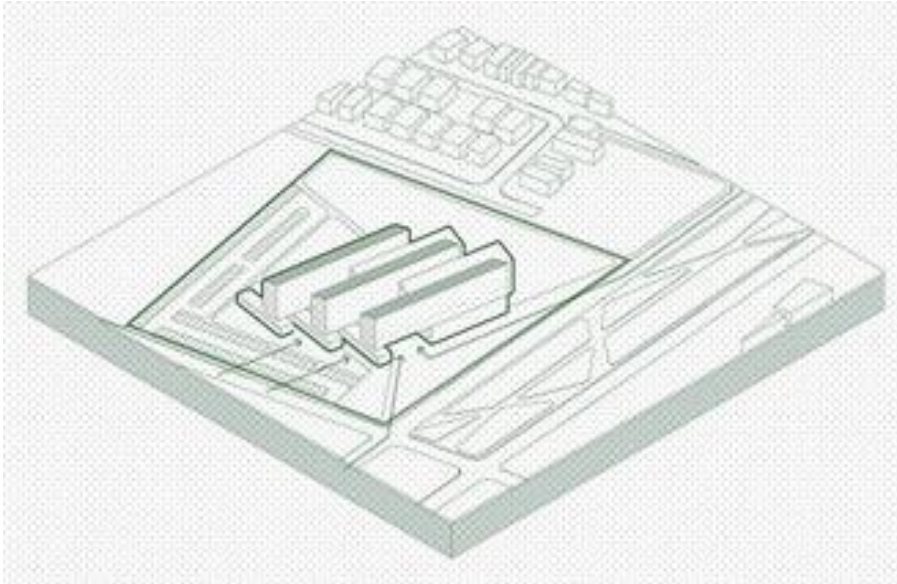
<sup>26</sup> Plan Regulador Comunal.

## ESTRATEGIAS PROYECTUALES

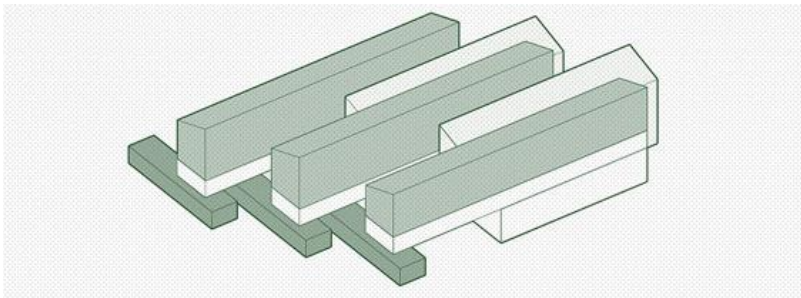
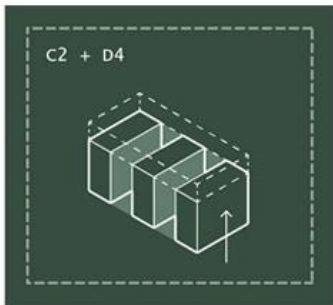
### 1. Inserción Urbana a través de Emplazamiento



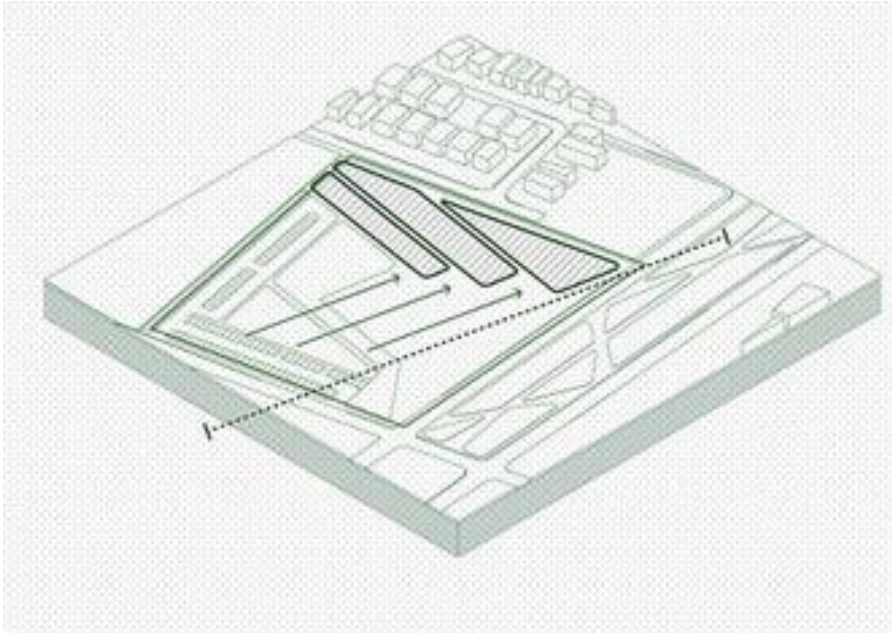
Acceso principal desde parque urbano proyectado.



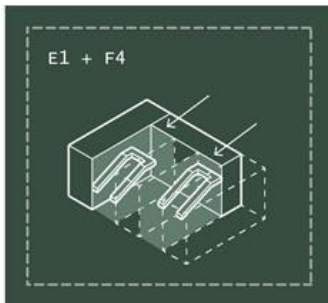
## 2. Composición a través de tres Volúmenes



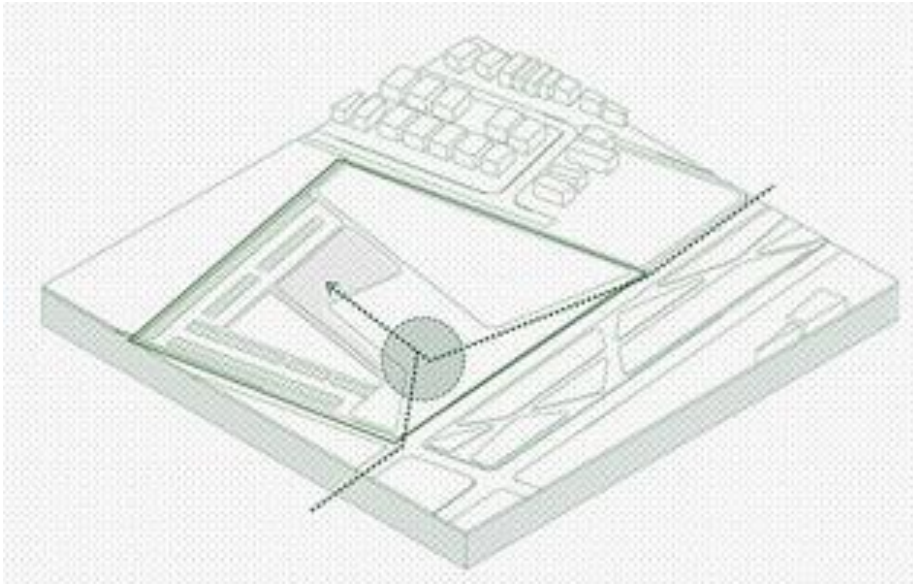
Acceso desde volúmenes a parque de vegetación educativa.



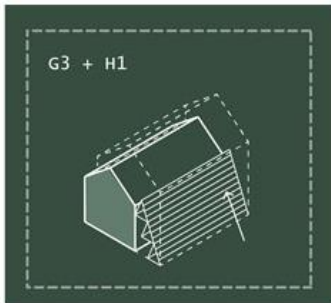
### 3. Relación de Actividades a través de Circulación por Patios Interiores

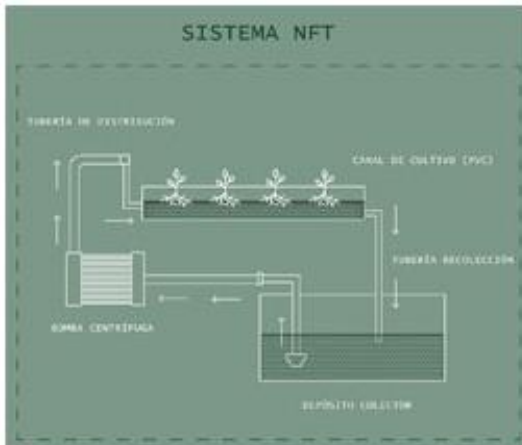


Plaza dura desde acceso principal hacia zona de compostaje.

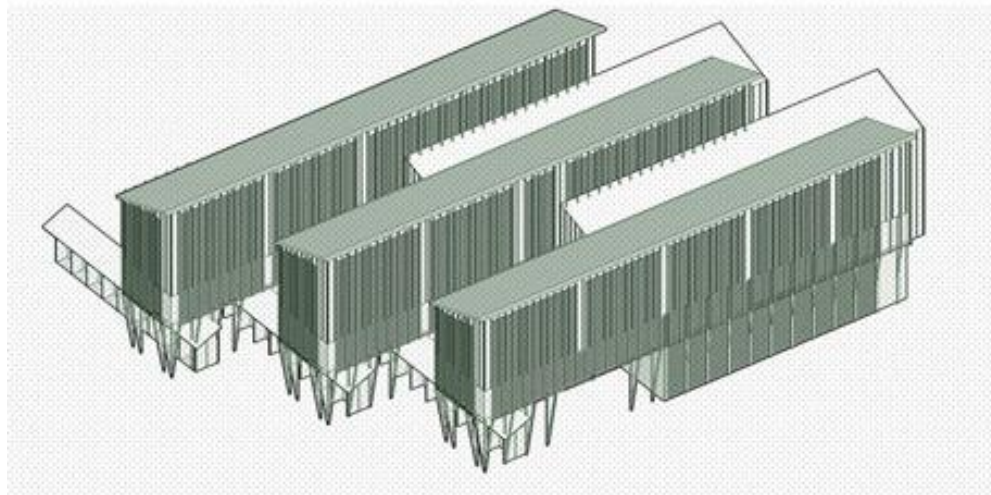
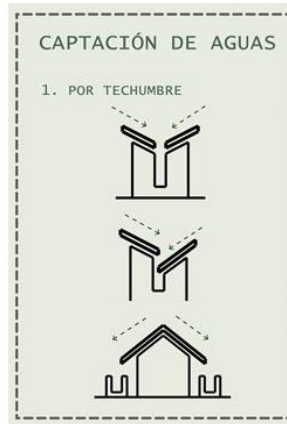
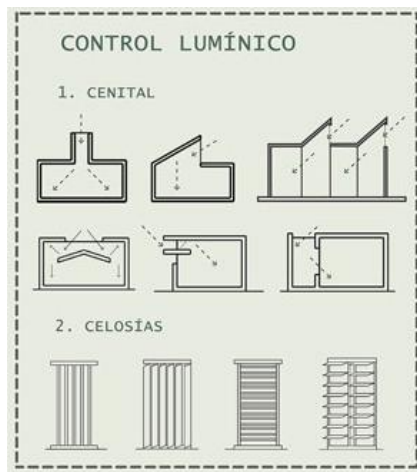
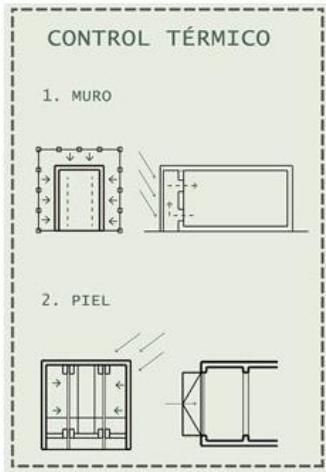


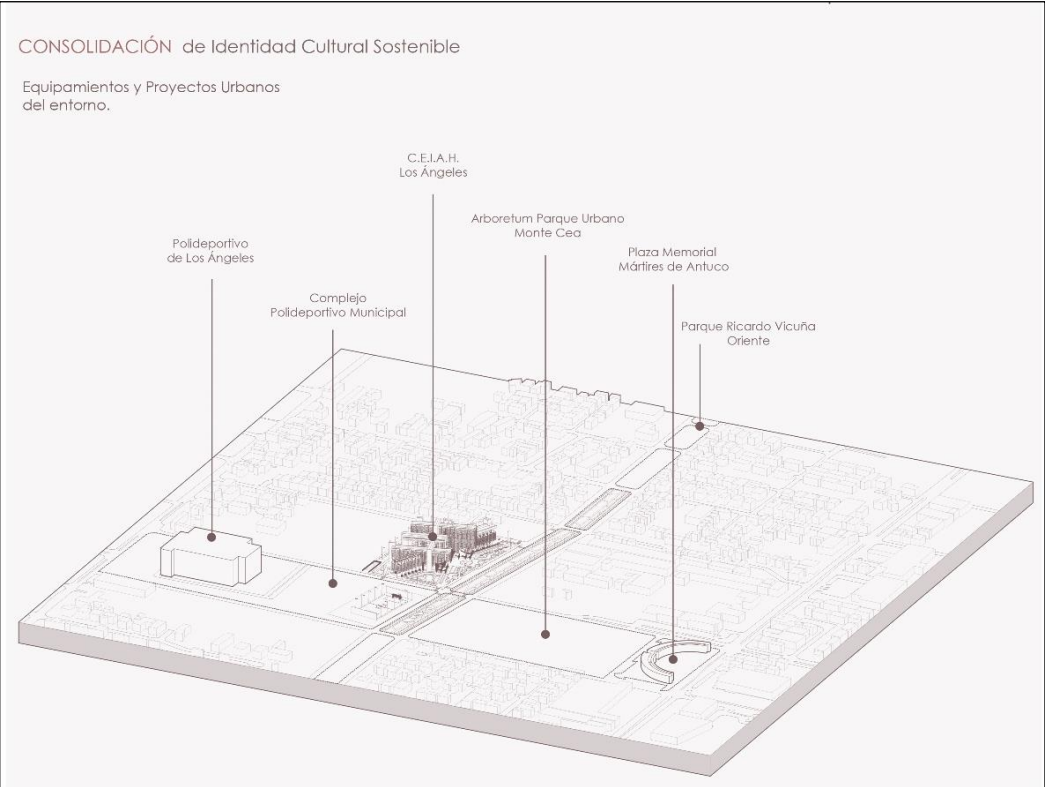
**4. Reinterpretar Actividad Agrícola Tradicional a través de Agricultura Vertical Hidropónica**





**5. Estrategias Bioclimáticas**





Síntesis Funcional - Conceptual

ELEMENTOS

Torre de Cultivo



Bomba

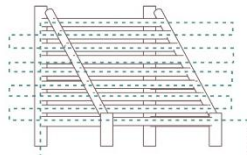


Estanque Hídrico

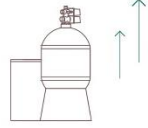


FUNCIÓN

RECIRCULAR



IMPULSAR



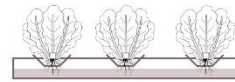
ALMACENAR



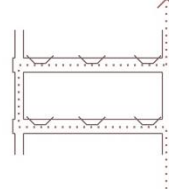
RELACIÓN

CULTIVO - EDUCAR

CULTIVO  
HIDROPÓNICO



CANAL DE  
CULTIVO



PLÁNTULA



SOLUCIÓN  
NUTRITIVA



APRENDIZAJE



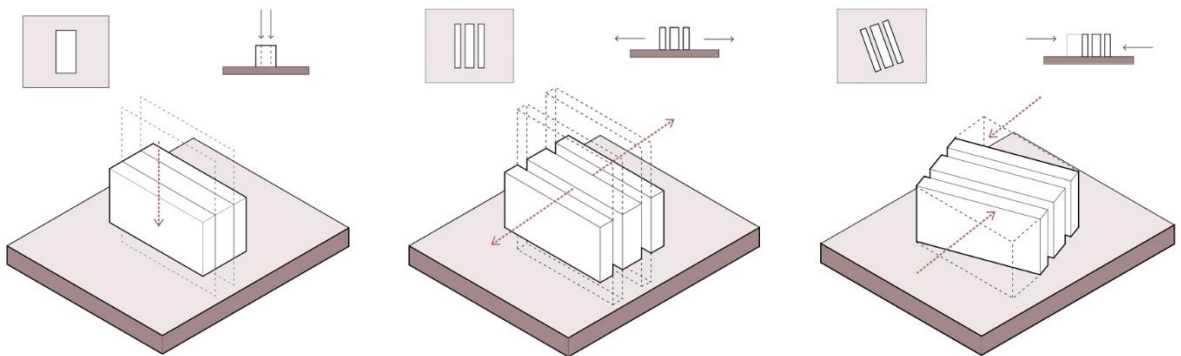
ENSEÑANZA

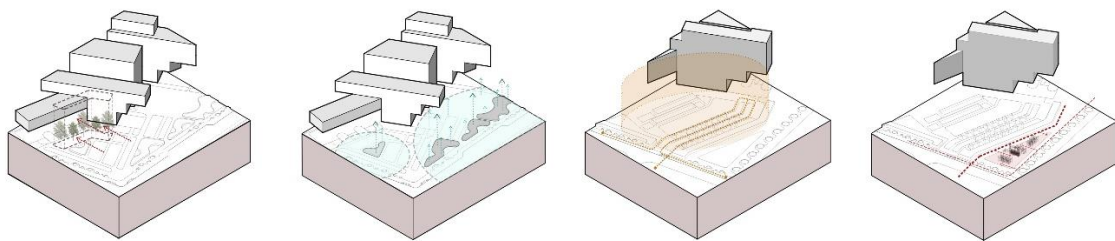
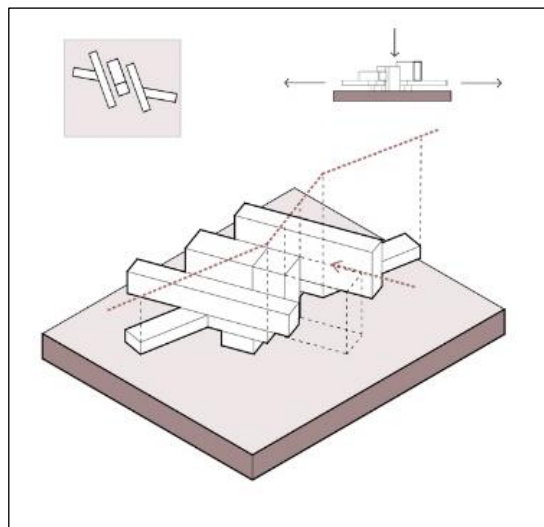
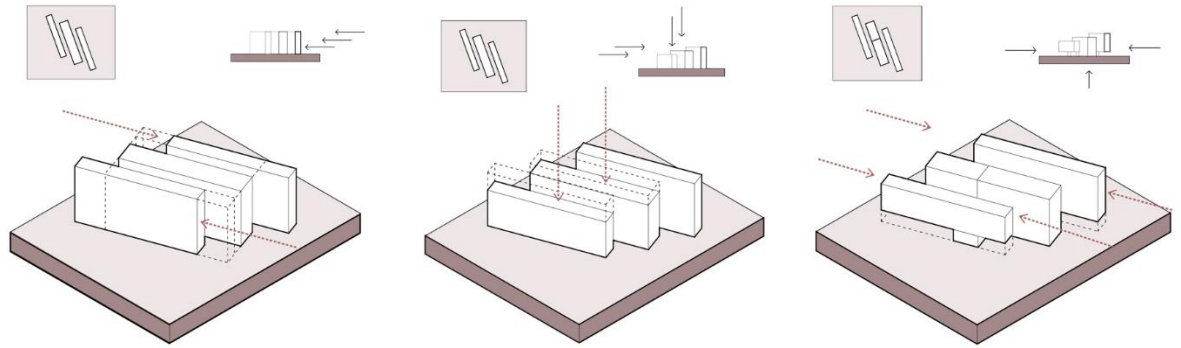


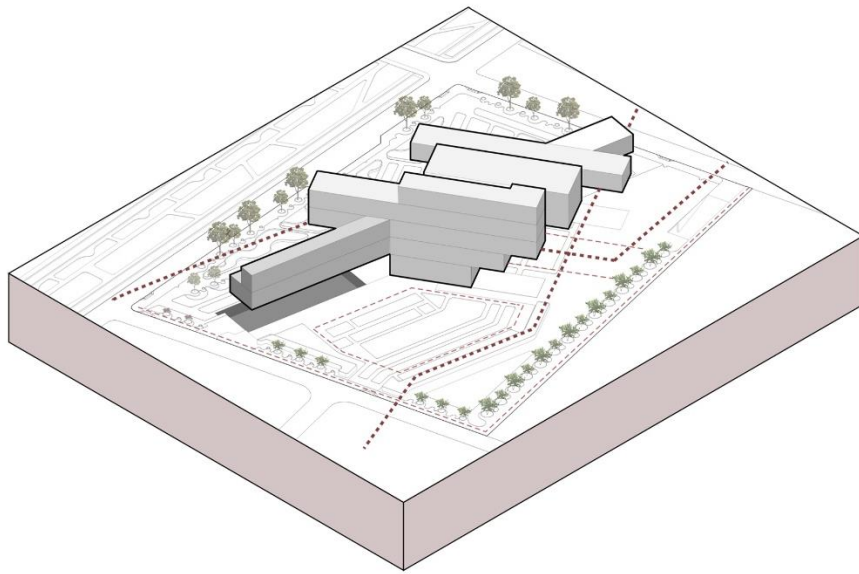
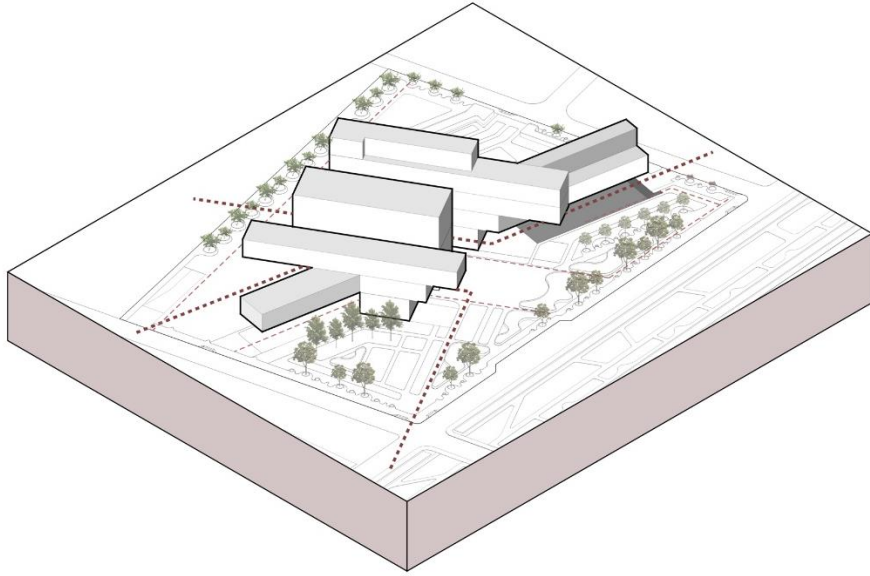
ABSORCIÓN



CONOCIMIENTO

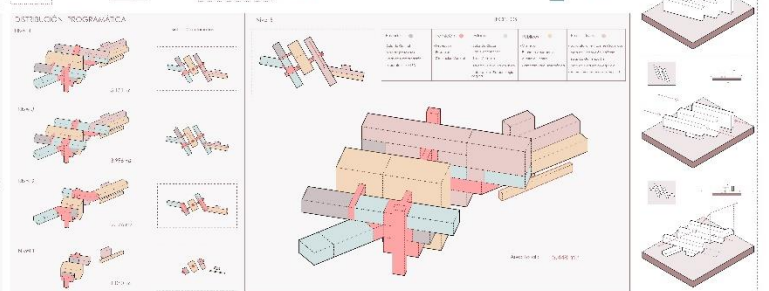
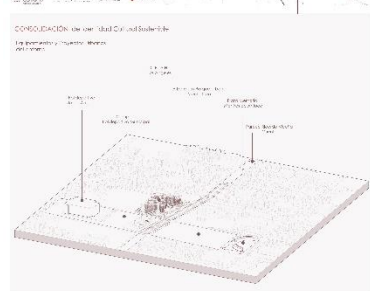
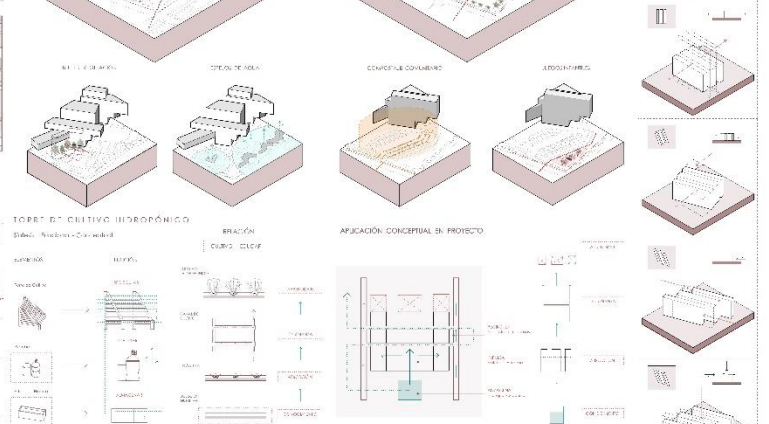
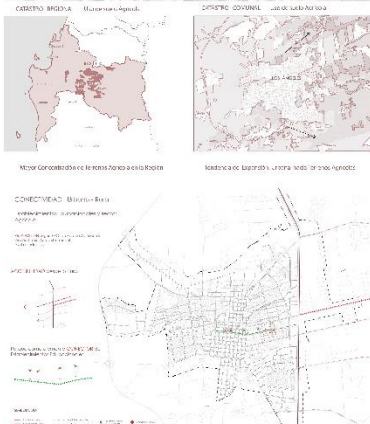
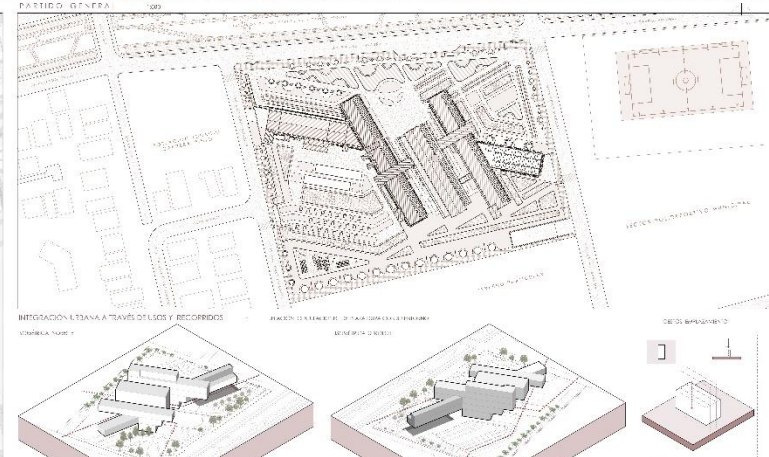






# DESARROLLO PROYECTUAL

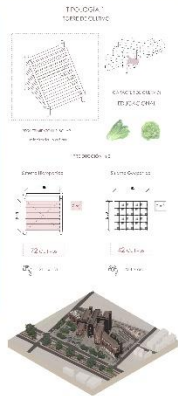




PLANTA N°08  
EG: 1:200



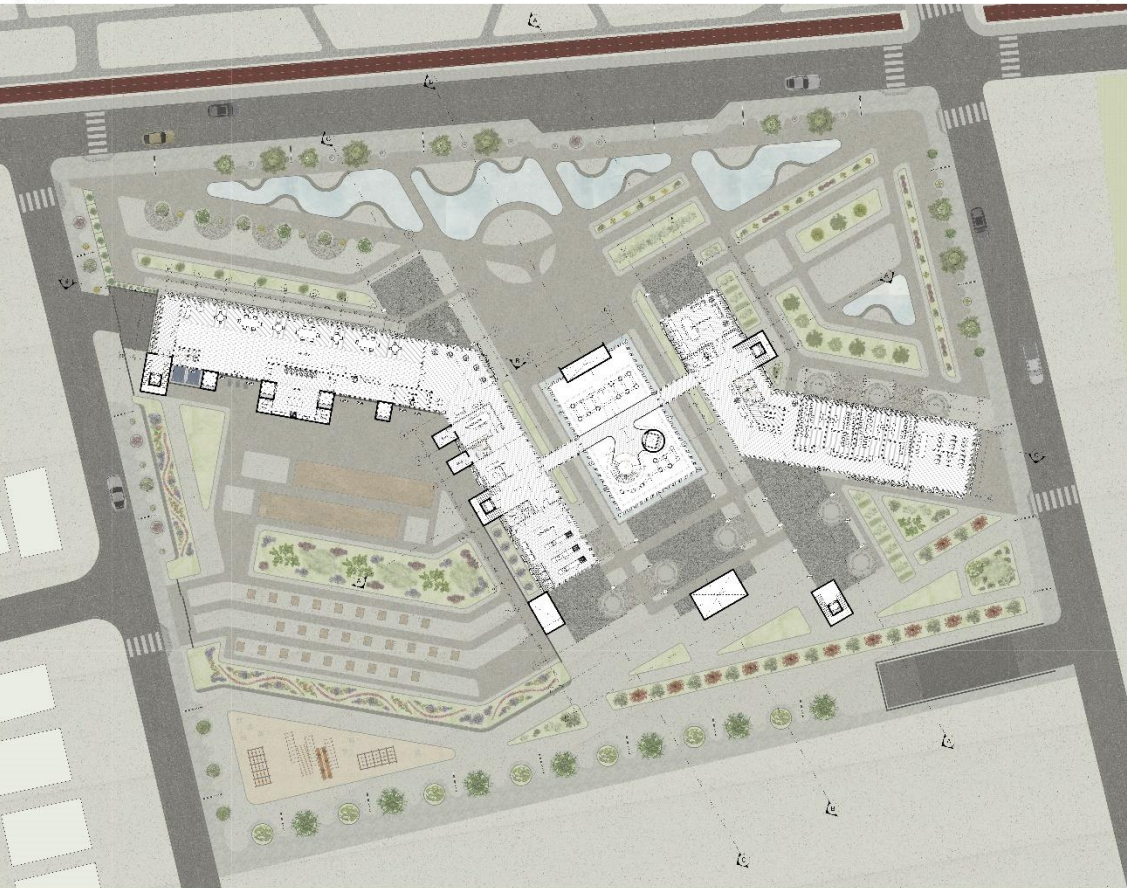
CORTE LONGITUDINAL A-A  
EG: 1:200



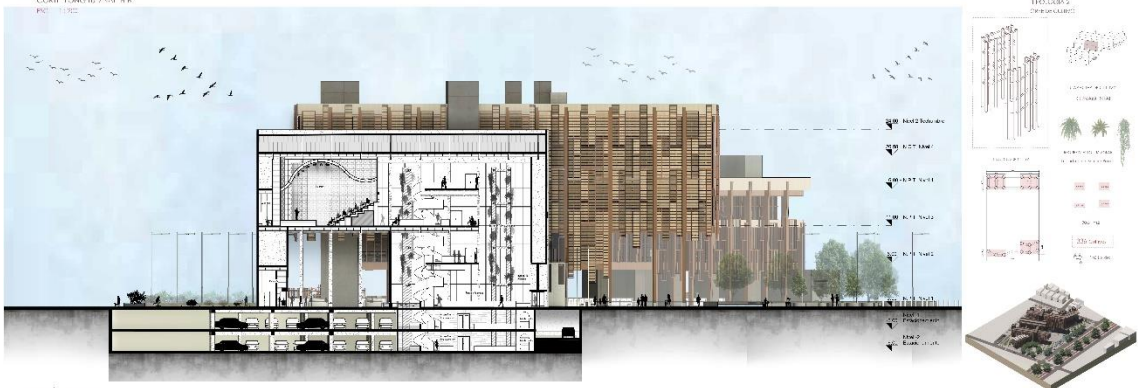
ELEVACIÓN NORTE  
EG: 1:200



PLANTA: N°002



CORTE LONGITUDINAL



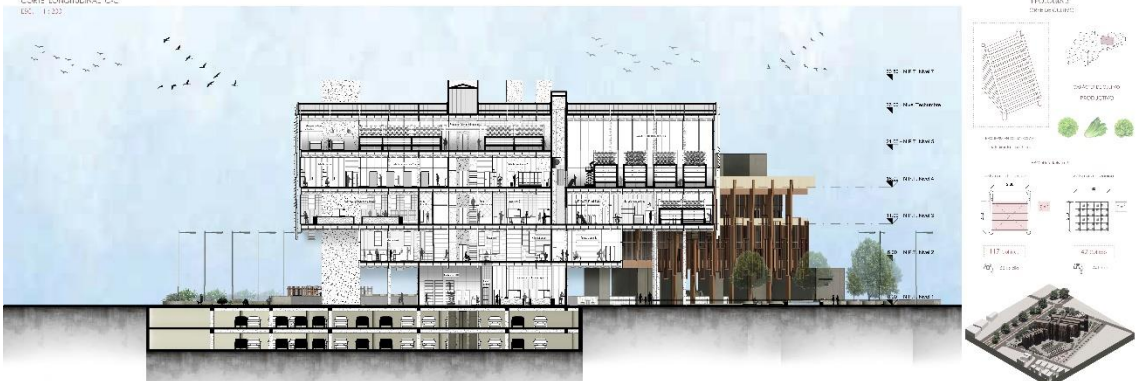
FRONTAL DE VISTA



PLANTA N°883  
ESC. 1:200



CORTE LONGITUDINAL C/C'  
ESC. 1:200



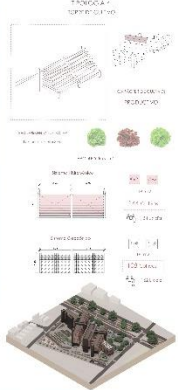
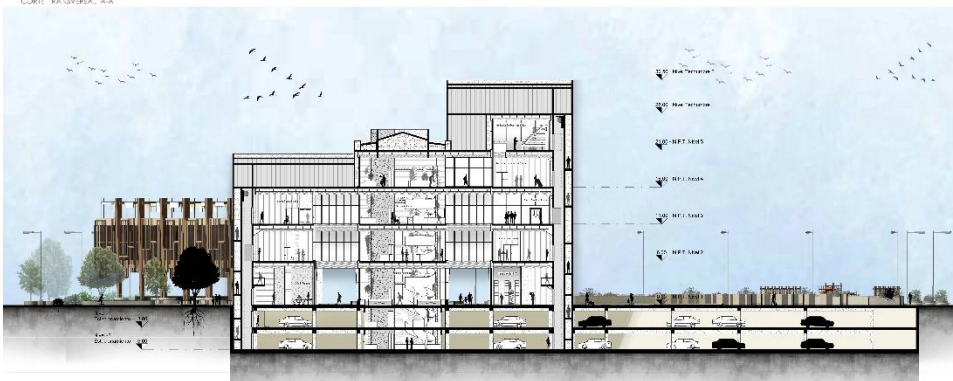
ELEVACIÓN SUR  
ESC. 1:200



PLANTA: NOVENA  
E.C.: 1:200



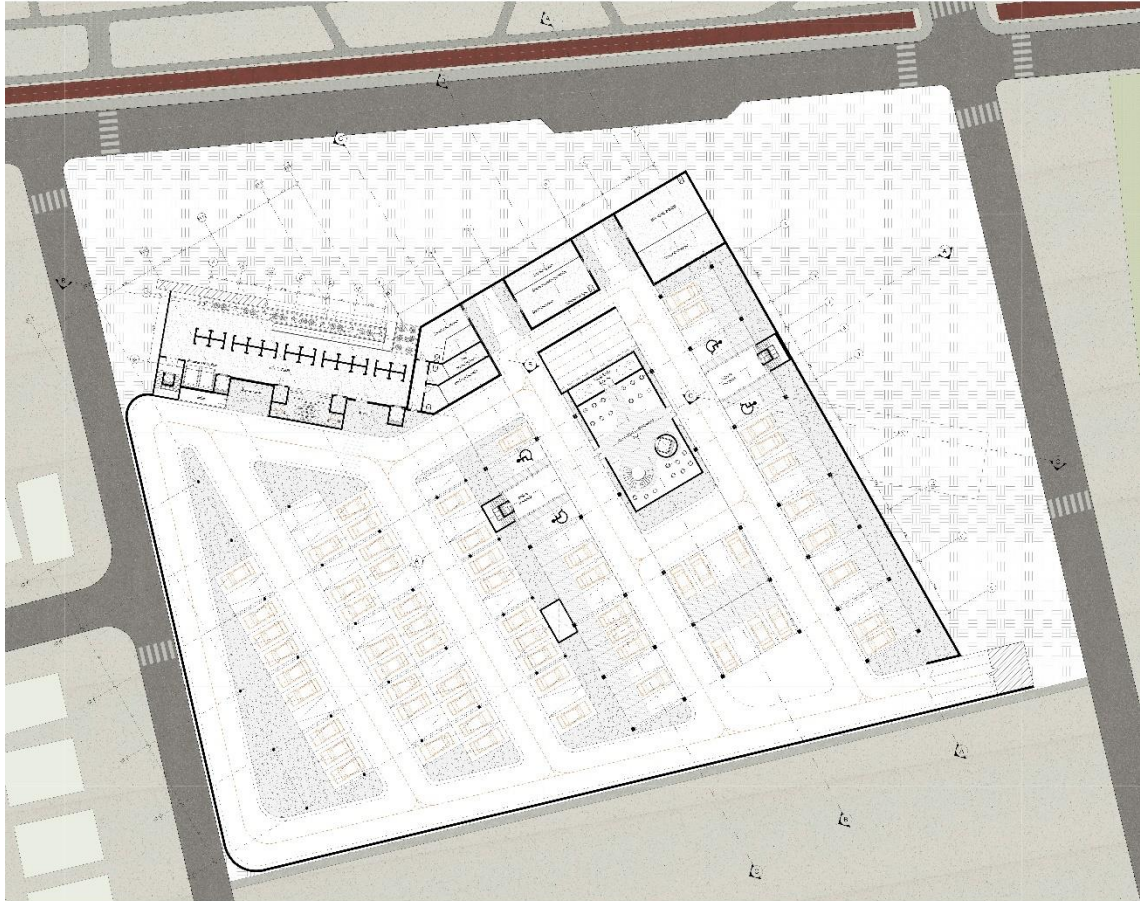
CORTE TRANSVERSA, A-A



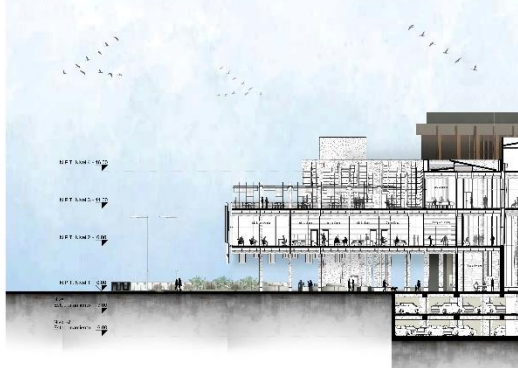
ELEVACION PORNORTE  
E.C.: 1:200



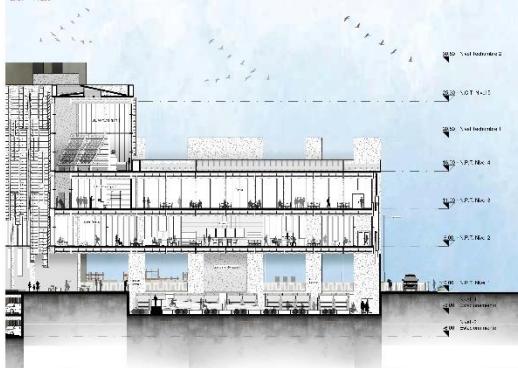
PLANTA ESTACIONAMIENTO NUB  
PC: 1:200



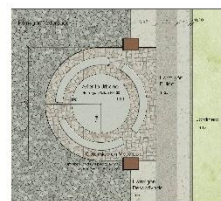
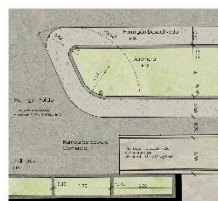
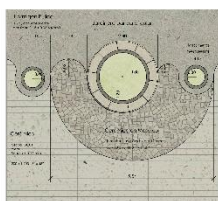
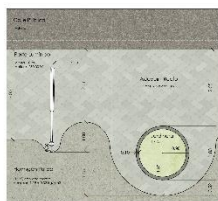
CORTE TRANSVERSAL 3-3'  
PC: 1:200



CORTE TRANSVERSAL 0-0'  
DC: 1:200



OBRAS EXTERIORES



PLANTA DE ACIONAMIENTO N°8  
DE 1:1000

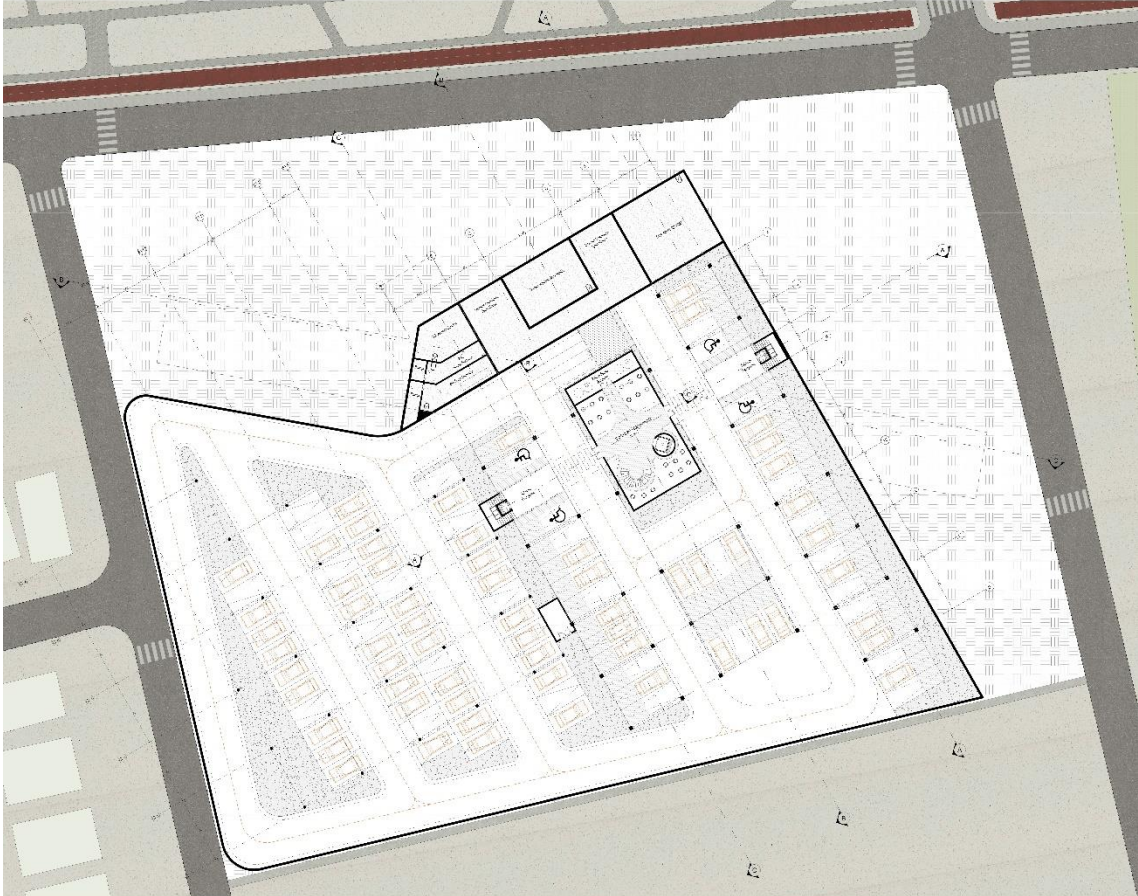
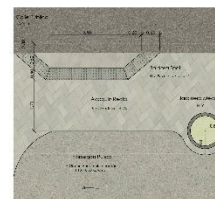
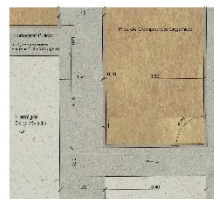
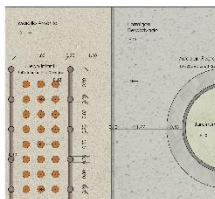
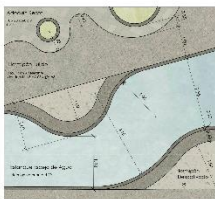


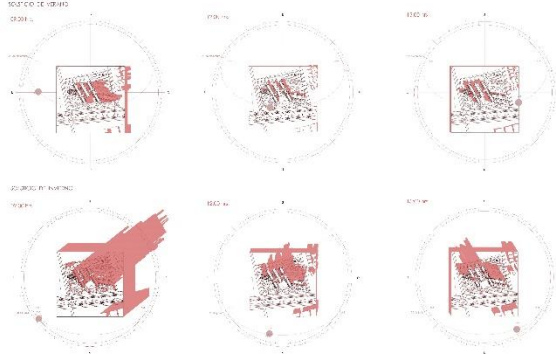
IMAGEN OBJETIVO (2016)



OBRAS EXISTENTES



ESTUDIO SCALAR

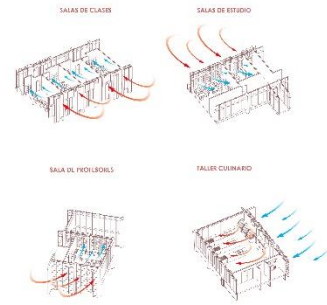


SUSTENTABILIDAD

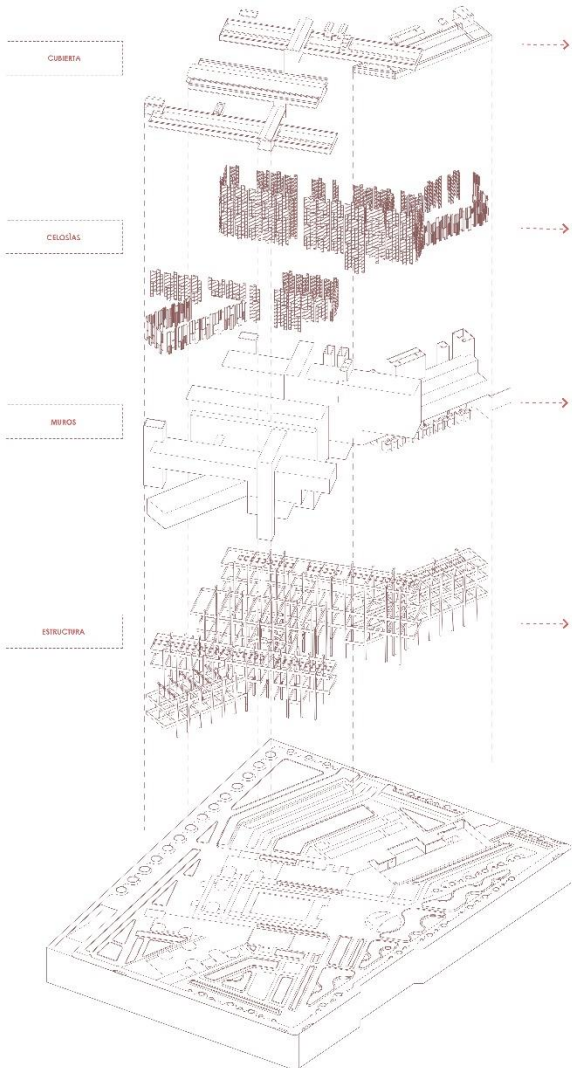
ROSA DE LOS VIENTOS



APLICADO: REINTOS EDUCACIONALES



ISOMÉTRICA EXPLOTADA

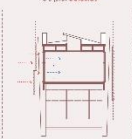


ESTRATEGIA

Controlar la temperatura a través de los techos de Lucarna



Control Térmico a través de las celosías



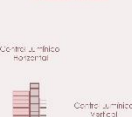
Sistema ventilador a través de Muro Cortina



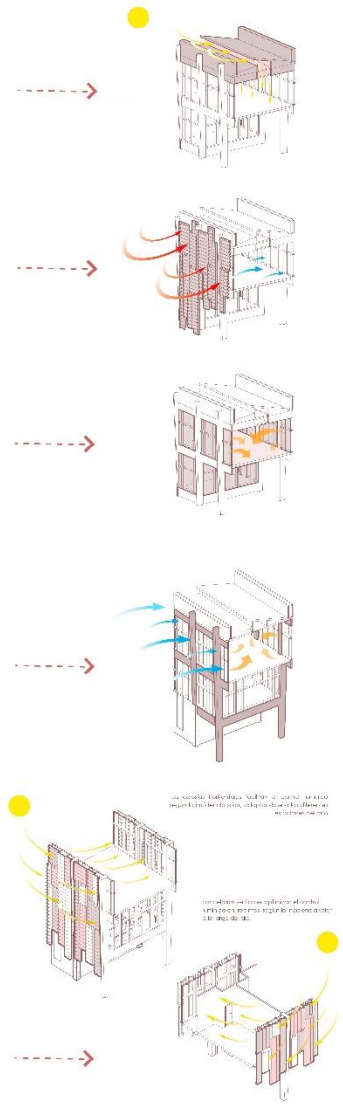
Control Térmico a través de modificación en Madera

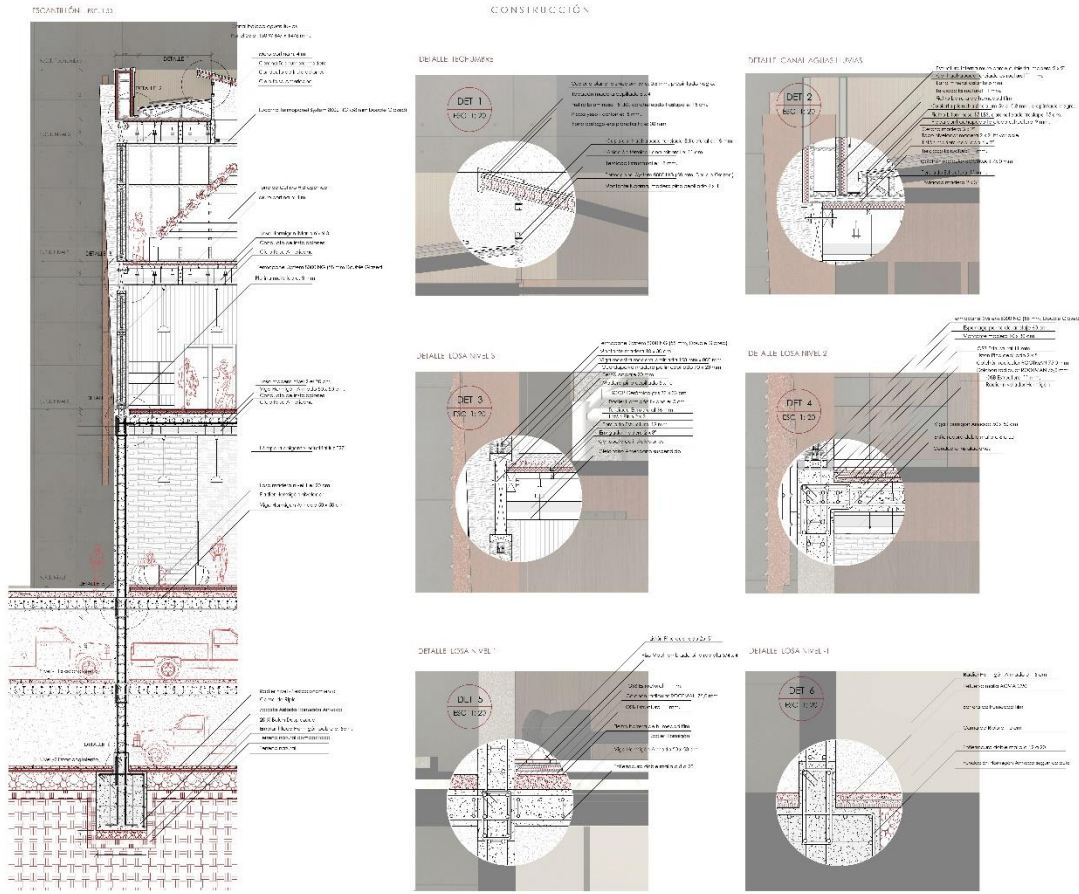


TIPOLOGÍA CELOSÍAS

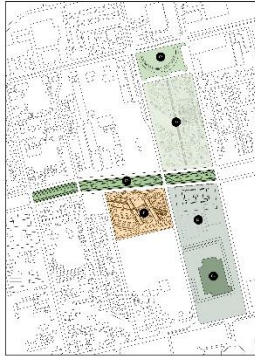


SEGURIDAD CLIMÁTICA





CONTEXTO (ubicación en comunidad urbana existente)



CRONOGRAMA

Cuenta de Proyectos

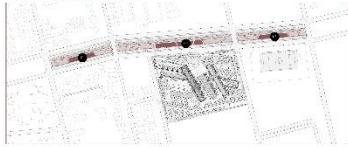
PROYECTO	FECHA	CANTIDAD	VALOR	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
01. Construcción de infraestructura para Agricultura Hidropónica	2021	25,000 m <sup>2</sup>	\$ 25,000,000	100%								
02. Construcción de infraestructura para Agricultura Hidropónica	2021	7,500 m <sup>2</sup>	\$ 7,500,000	100%								
03. Construcción de infraestructura para Agricultura Hidropónica	2021	7,500 m <sup>2</sup>	\$ 7,500,000	100%								
04. Construcción de infraestructura para Agricultura Hidropónica	2021	7,500 m <sup>2</sup>	\$ 7,500,000	100%								
05. Construcción de infraestructura para Agricultura Hidropónica	2021	7,500 m <sup>2</sup>	\$ 7,500,000	100%								
06. Construcción de infraestructura para Agricultura Hidropónica	2021	7,500 m <sup>2</sup>	\$ 7,500,000	100%								



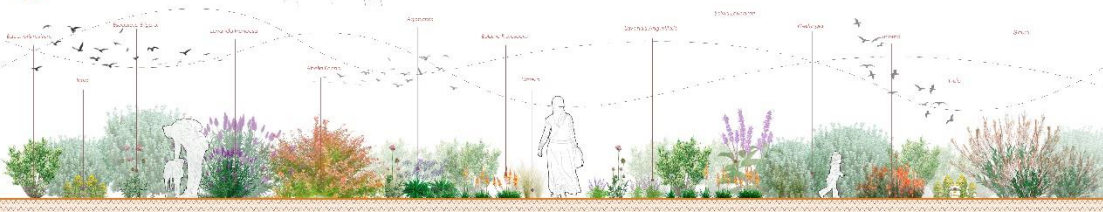
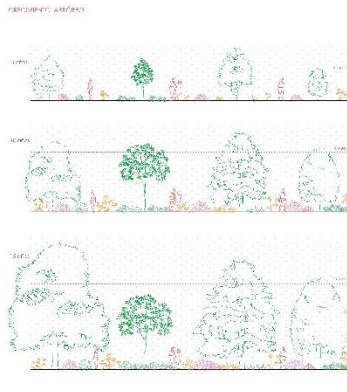
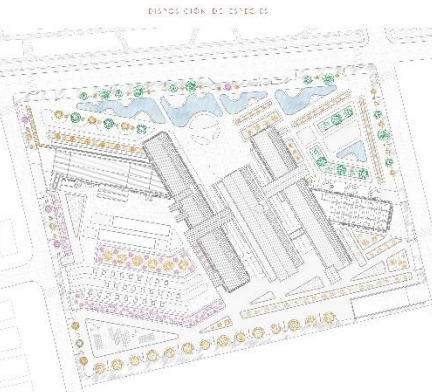
ESTRATEGIA URBANA



PAISAJISMO



BIEN SOCIAL ECOLÓGICA



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, A., Torrent, S., Alvear, S., González, C., & Bustos, M. A. (2022). *Manual de Agrometeorología 2° Edición*.

*Acuaponía en los jardines verticales*. (2015). Paivert. <https://www.paivert.com/acuaponia-en-los-jardines-verticales/>

*Agricultura y alimentos, panorama general*. (2022). Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview>

*Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. (2005). Fao.org. <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s03.htm>

Alvarado, R., & de la Vega Planet., F. (2022). *Chile lidera la crisis hídrica en América Latina*. Uchile.cl. <https://uchile.cl/noticias/184816/dia-mundial-del-agua-chile-lidera-la-crisis-hidrica-en-america-latina>

Bustos, S., Gallardo, L., Garreud, R., & Tondreau, N. (2015). *La Megasequía 2010 - 2015: Una lección para el futuro*. Cr2.Cl. <https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2015/11/informe-megasequia-cr21.pdf>

Carlos, O., & Matías, Q. (2021). *Manual de prácticas agrícolas para una agricultura sustentable*, Boletín INIA N°426, 206.

de Centro América y Panamá, I. de N. (2006). *Hidroponía: Sistema de cultivo NFT*. [http://file:///C:/Users/vaort/Downloads/Hidroponia%20\(2\).pdf](http://file:///C:/Users/vaort/Downloads/Hidroponia%20(2).pdf)

de Eficiencia Energética, A. C. (2012). *Reporte 2012 AchEE*. Acee.Cl. <http://old.acee.cl/sites/default/files/reportes/documentos/Reporte%202012%20baja%20calidad%20%281%29.pdf>

del Medio ambiente, M. (2009). *Política Nacional de Educación para el Desarrollo Sustentable*. <https://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/1406>

Epa, O. (2016). *Global greenhouse gas emissions data*. <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>

Feiguín, F., Ortiz, L., & Descalzo, M. (2015). *Buenas Prácticas Agrícolas: Lineamientos de Base*.

Hernández, M., & Acuña, D. (2021). *Estrategia de Sustentabilidad Agroalimentaria 2020 - 2030*.

Hidroponía, C. (2017). *INVERNADERO TIPO VENLO, ¿CUÁLES SON SUS CARACTERÍSTICAS?* Hidroponia.mx. <http://hidroponia.mx/invernadero-tipo-venlo-cuales-son-sus-caracteristicas/>

Kogut, P. (2020, October 12). *Agricultura Sostenible: La Aplicación Del Nuevo Concepto*. EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/agricultura-sostenible/>

- Lopez, J., & Pérez, J. (nd). *Evolución de Las estructuras de invernadero* <https://docplayer.es/13916224-Evolucion-de-las-estructuras-de-invernadero.html>
- Martinez, M. L. (2019). *Radiografía del Agua, Brecha y Riesgo Hídrico en Chile*. Fch.Cl. Retrieved, from <https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/05/radiografia-del-agua.pdf>
- ODEPA. (2022). *Agua*. ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias; Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - Odepa. <https://www.odepa.gob.cl/sustentabilidad/agricultura-sustentable/agua>
- ONU. (2022). *Informe de Resultados del Sistema de las Naciones Unidas en Chile 2022: Un año de profundización del compromiso con el desarrollo sostenible del país*. Chile. <https://chile.un.org/es/230821-informe-de-resultados-del-sistema-de-las-naciones-unidas-en-chile-2022-un-a%C3%B1o-de>
- Pizarro, R., Abarza, A., Morales, C., Calderón, R., Tapia, J., Urbina, F., Vallejos María, C., Cortés, I., Fernández, Á., Sangüesa, C., Pino, J., Vázquez, S., Cervantes, E., Hernández, D., Hurtado, R., García, P., & Córdova, M. (2015). *PHI-VIII / Documento Técnico N° 36: Manual de Diseño y Construcción de Sistemas de Captación de Aguas Lluvias en zonas Rurales de Chile*. Utalca.Cl. <http://www.cuhs.utralca.cl/extha/Docs/pdf/Publicaciones/Manual%20Scalls%20Unesco%202015.pdf>
- Qué es la Arquitectura Vernácula - Econova Institute*. (2022). Econova Institute of Architecture & Engineering; Econova Institute of a Architecture & Engineering. <https://econova-institute.com/arquitectura-vernacula/>
- Rivera, A., & Llompарт, V. (2022). *Agricultura Vertical, La tendencia global que gana terreno para enfrentar los impactos del cambio climático*. Wwww.Df.Cl. <https://www.df.cl/agricultura-vertical-la-tendencia-global-que-gana-terreno-para-enfrentar>
- Rojas Le-Bert, G., Campos, J. A., & Contenido, G. (2010). *La importancia de la enseñanza media técnico profesional agropecuaria*. Gob.Cl. <https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2395.pdf>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR*. Fao.org. <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- Rotaciones de cultivos*. (2018). Rodale Institute. <https://rodaleinstitute.org/es/why-organic/organic-farming-practices/crop-rotations/>
- Villena, M., Pabón, C., Mora, A., & Lopez, H. (2022). *Estudio: Fertilización sostenible y Gestión Integral de Nutrientes*. ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias; Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - Odepa. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/estudios/fertilizacion-sostenible-y-gestion-integral-de-nutrientes>
- Wallace, N. (2022). *¿Qué debes de saber acerca de la agricultura vertical?* Pthorticulture.com. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/qu%C3%A9-debes-de-saber-acerca-de-la-agricultura-vertical/>

**ANTECEDENTES ACADÉMICOS**

Ingreso: 2017

Egreso: 2024

**Diseño Arquitectónico I**

Profesores: Piero Mazzarini y Valentina Galleguillos

Año: 2017

Proyecto: Plataforma Flotante en Río Maule, Constitución.

**Diseño Arquitectónico II**

Profesores: Felipe Campos y Juan Pablo Grau

Año: 2018

Proyecto: Centro de Capacitación para andinistas, Antuco.

**Diseño Arquitectónico III**

Profesores: Gabriel Vargas y Martin del Solar

Año: 2020

Proyecto: Vivienda Colectiva, Polcura.

**Diseño Arquitectónico IV**

Profesores: Andrés Utz y Paz González

Año: 2021

Proyecto: Parque Senderos de Nonguén, Concepción.

**Diseño Arquitectónico V**

Profesores: Andrés Utz y Paz González

Año: 2021

Proyecto: Estación San Rosendo.

**Diseño Arquitectónico VI**

Profesores: Paulo Alegría y Diego Martínez

Año: 2022

Proyecto: CCM: Conjunto Cultural y Mediateca de Concepción.

**ANEXOS**

ANEXO 1: Emisiones gases de efecto invernadero.

ANEXO 2: Proceso productivo agrícola.

ANEXO 3: Recolección de aguas lluvias.

ANEXO 4: Métodos y eficiencias de riego.

ANEXO 5: Tipología de invernaderos.

ANEXO 6: Sistema de cultivos hidropónicos.

ANEXO 7: Morfologías de sistemas y torre de cultivo.

ANEXO 8: Situación del agua en Chile.

ANEXO 9: Panorama agrícola en Chile.

ANEXO 10: Especialidad agropecuaria en Chile.

ANEXO 11: Programa de Educación para el Desarrollo Sostenible para el año 2030.

ANEXO 12: Confort educacional, mejoras en aprendizaje.

ANEXO 13: Referente: Cité Maraichère, Francia.

ANEXO 14: Referente: Institute for Forestry and Nature Research.

ANEXO 15: Referente: Paddenbroek, Alemania.

ANEXO 16: Antecedentes climatológicos, Los Ángeles

ANEXO 17: Antecedentes de terreno, Los Ángeles.

## **ANEXO 1**

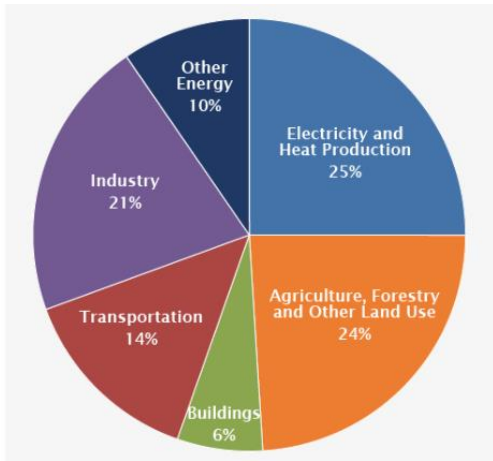


Figura N°1. Porcentaje Global de Gases de Efecto Invernadero (fuente IPCC, Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, 2014).

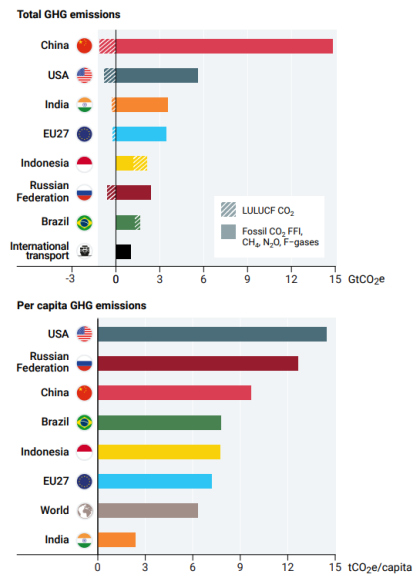


Figura N°2. Emisiones Gases de Efecto Invernadero por país, 2020 (fuente EPA, Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos).

**ANEXO 2**

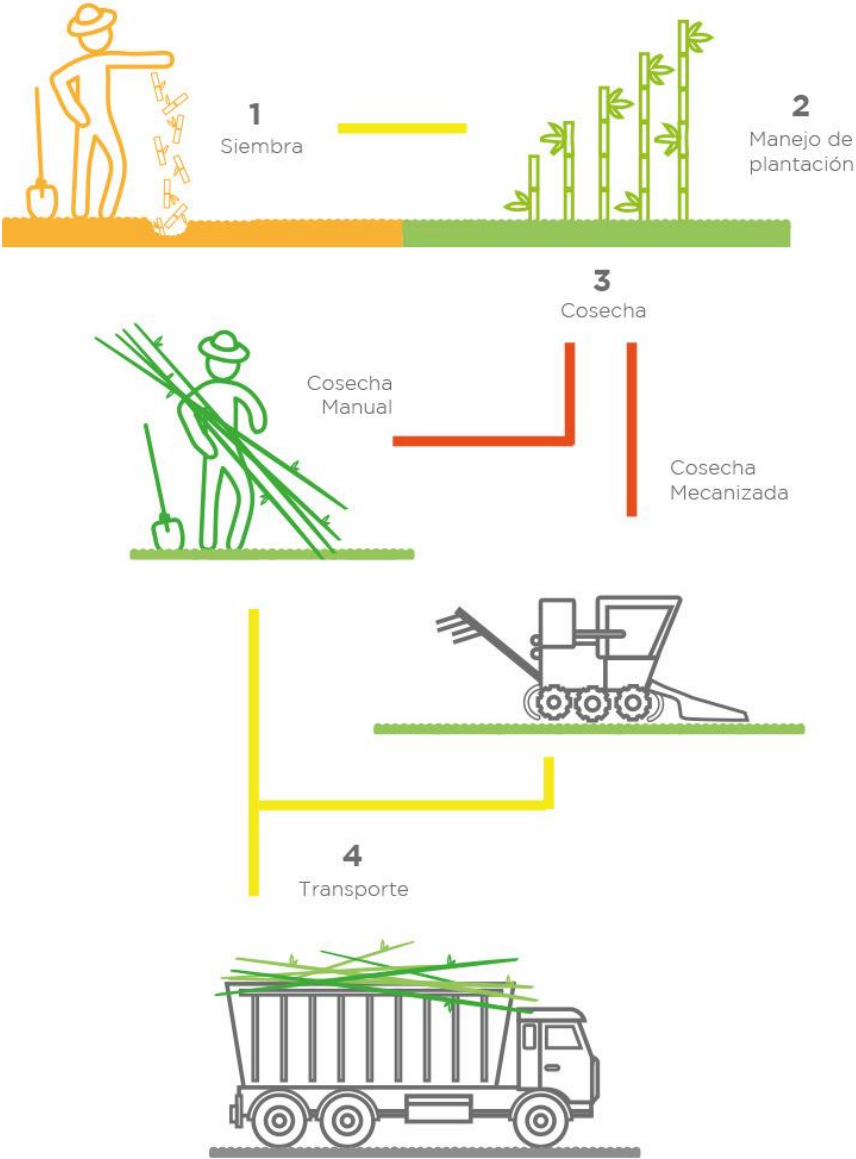


Figura N°3. Proceso productivo Agrícola.

### ANEXO 3



Figura N°4 (fuente: Cosecha de agua Lluvia, Guía práctica, 2021).



Figura N°5. Captación aprovechando techumbre (fuente: Cosecha de agua Lluvia, Guía práctica, 2021).

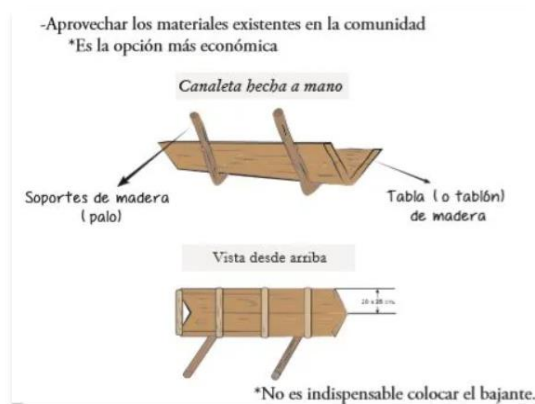


Figura N°6. Captación Aprovechando materiales existentes en la comunidad (fuente: Cosecha de agua Lluvia, Guía práctica, 2021).

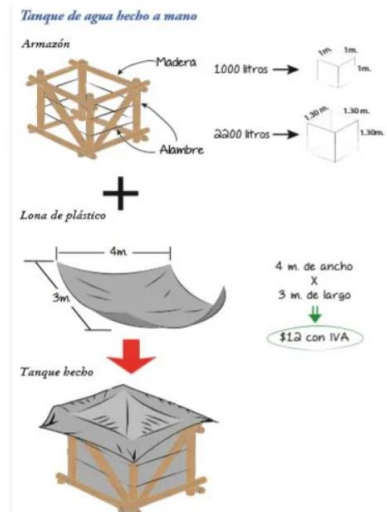


Figura N°7. Captación con Tanque de agua hecho a mano (fuente: Cosecha de agua Lluvia, Guía práctica, 2021).

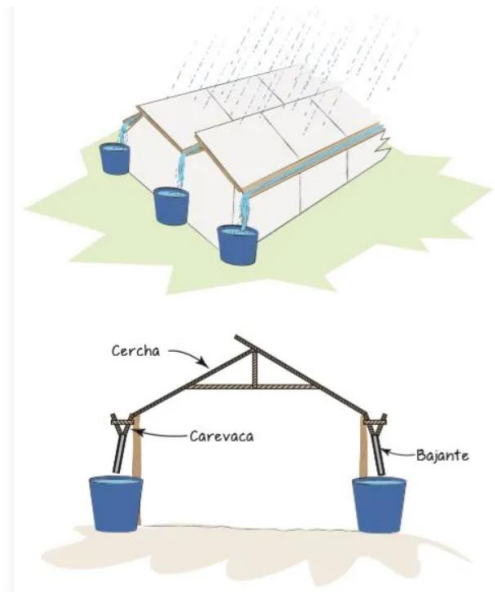


Figura N°8. Captación Instalada en Invernaderos (fuente: Cosecha de agua Lluvia, Guía práctica, 2021).

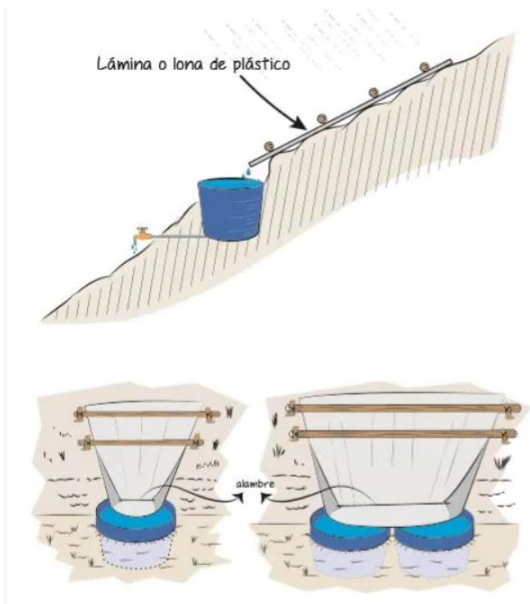


Figura N°9. Captación Aprovechando pendiente en el terreno (fuente: Cosecha de agua Lluvia, Guía práctica, 2021).



Figura N°10. Reservorio semitechado (fuente: Cosecha de agua Lluvia, Guía práctica, 2021).



Figura N°11. Captación con Lona triangular (fuente: Cosecha de agua Lluvia, Guía práctica, 2021).

## ANEXO 4



Figura N°12. Eficiencias de acuerdo con los métodos de riego (fuente Fch, Fundación Chile, Radiografía del agua 2019).

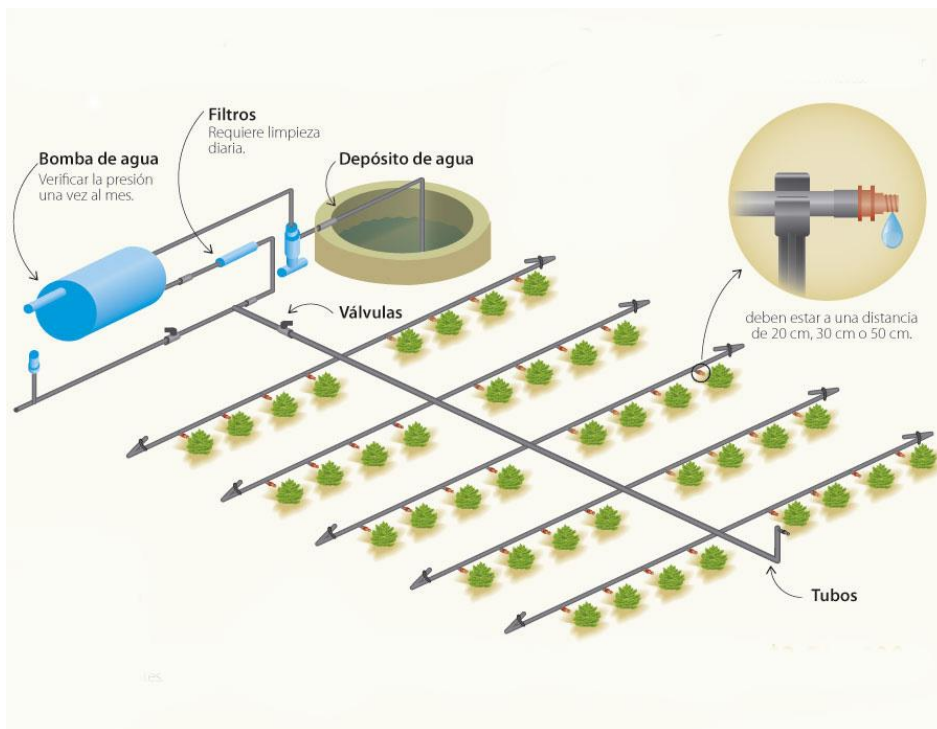


Figura N°13. Sistema de Riego por Goteo

## ANEXO 5

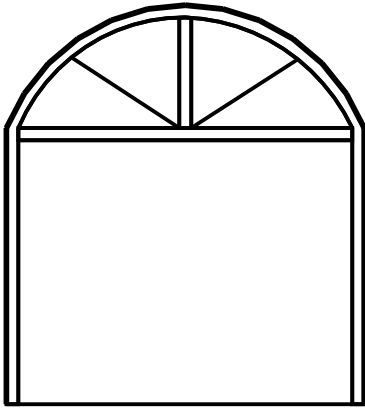


Figura N°14. Invernadero Túnel (fuente: elaboración propia).

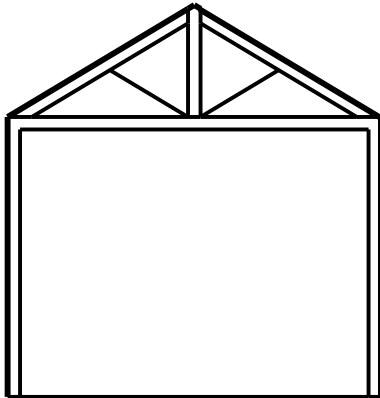


Figura N°15. Invernadero Tipo Capilla (fuente: elaboración propia).

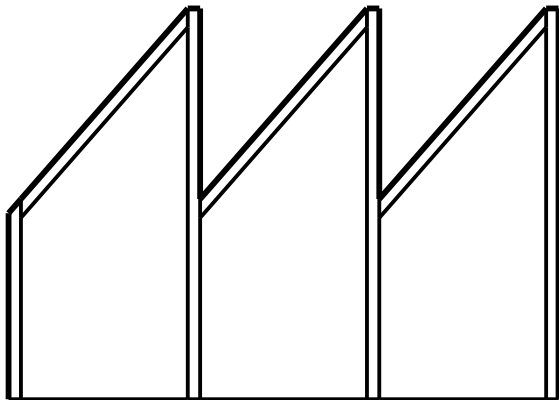


Figura N°16. Invernadero en Dientes de Sierra (fuente: elaboración propia).

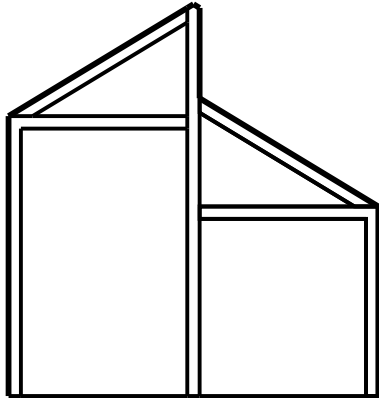


Figura N°17. Invernadero Capilla Modificado (fuente: elaboración propia).

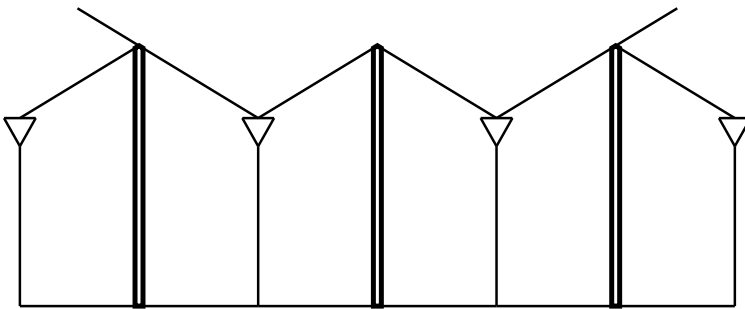


Figura N°18. Invernadero Tipo Parral (fuente: elaboración propia).

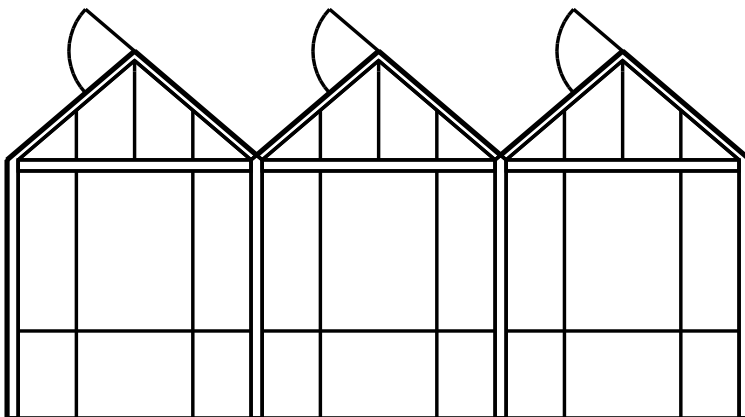


Figura N°19. Invernadero Tipo Venlo o holandés (fuente: elaboración propia).

## ANEXO 6

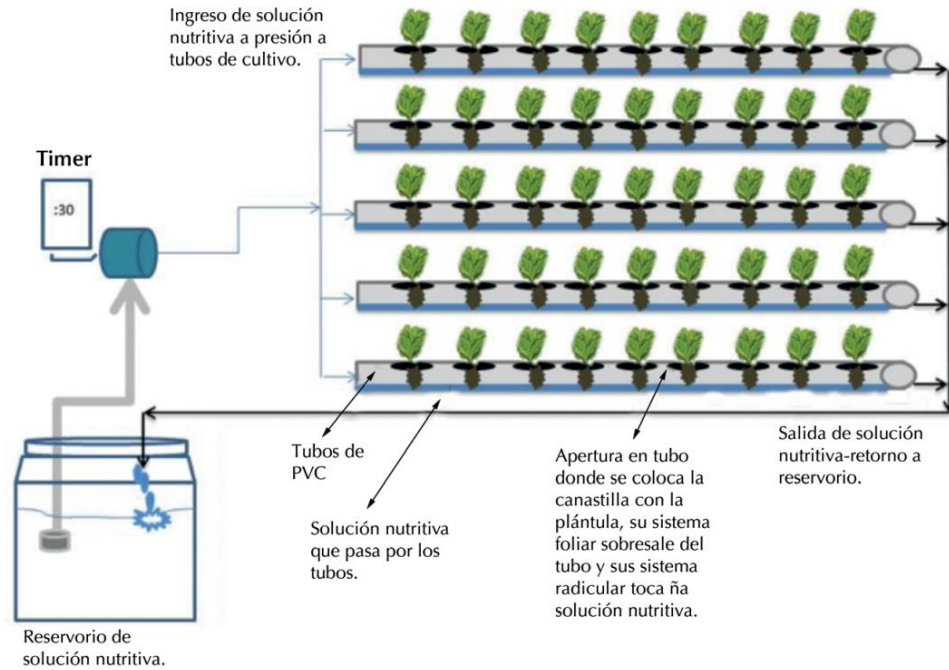


Figura N°20, Sistema de Cultivo con Hidroponía, NFT (fuente: Manual de producción Hidropónica 2014).

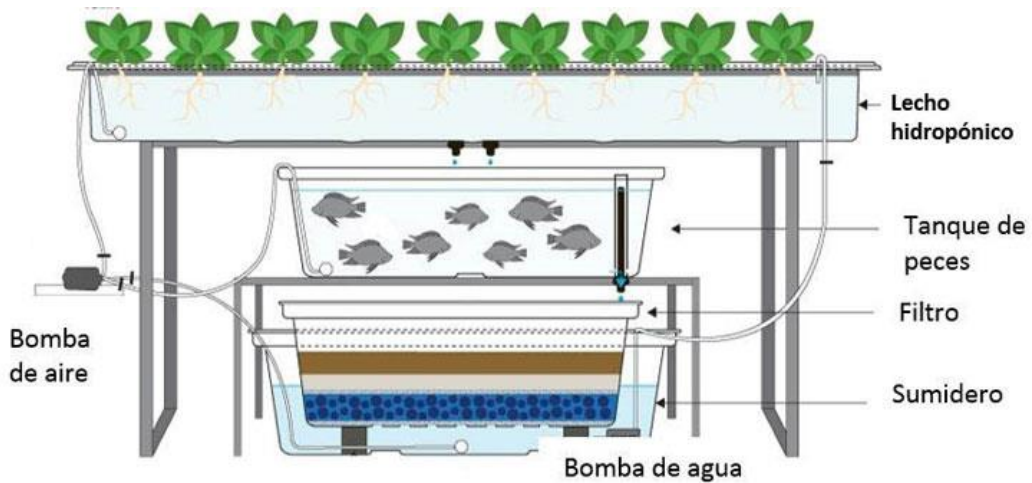


Figura N°21. Sistema de Cultivo con Acuaponía (fuente: Modificado de Goddek 2015).

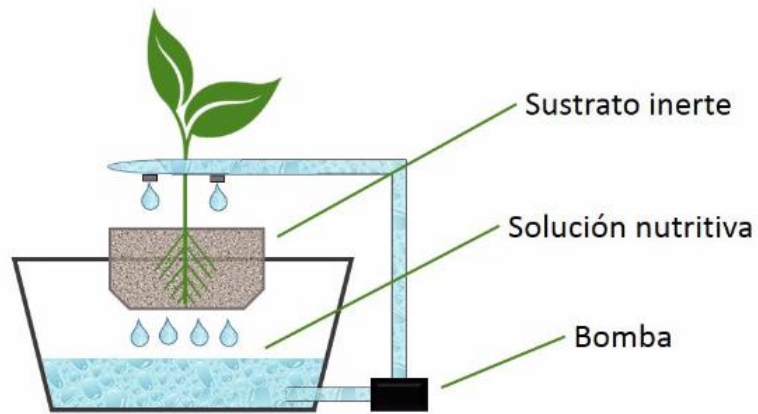


Figura N°22. Sistema de Cultivo con Sustratos (fuente: Técnicas Hidropónicas, Hidroponía al Cubo 2017).

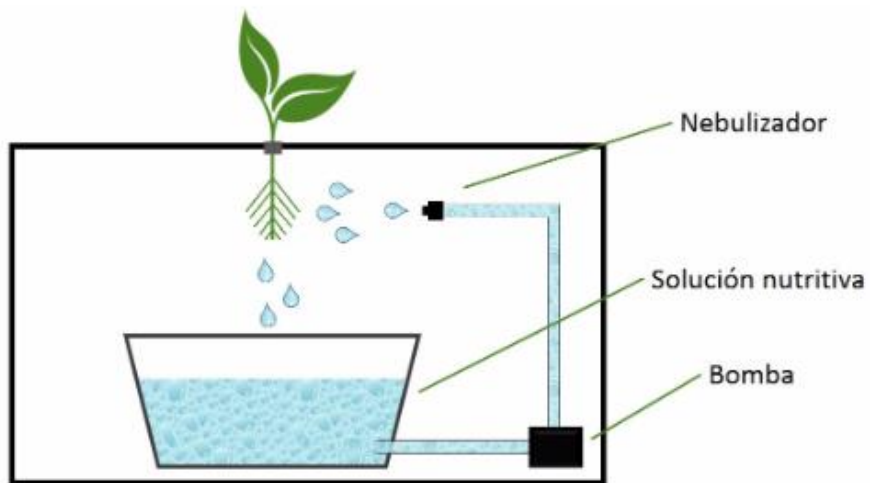


Figura N°23. Sistema de Cultivo con Aeroponía (fuente: Técnicas Hidropónicas, Hidroponía al Cubo 2017).

## ANEXO 7

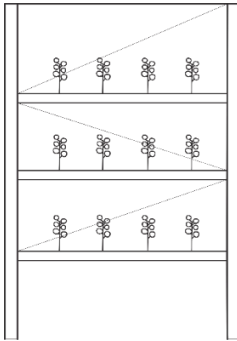


Figura N°24. Sistema de Estanterías o Racks (Fuente: elaboración propia).

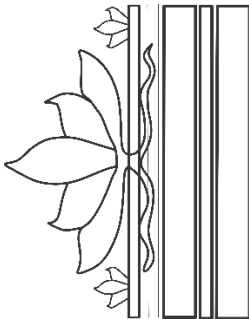


Figura N° 25. Esquema de Cultivo en Muro Verde (Fuente: elaboración propia).

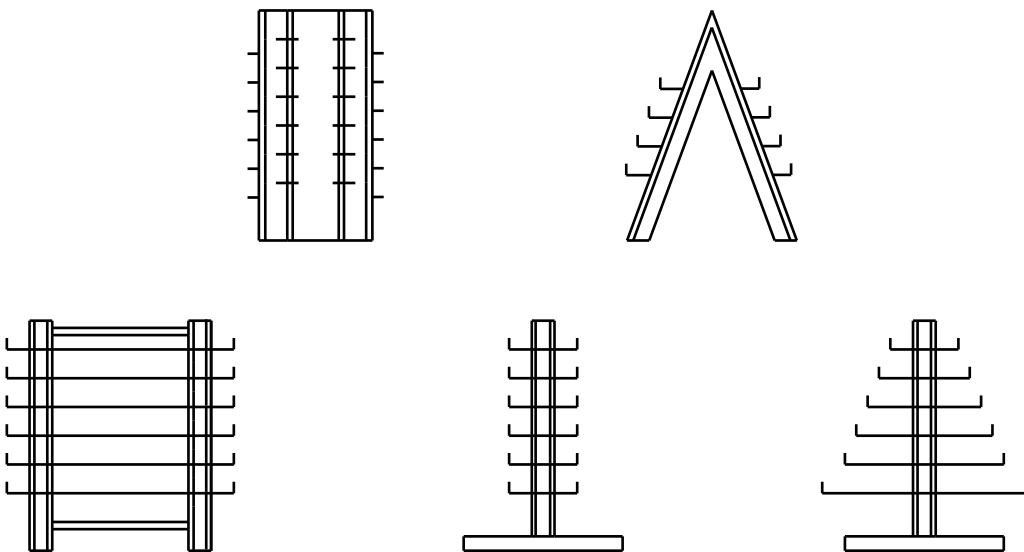


Figura N°26. Morfologías tipo de Torres de Cultivo (Fuente: elaboración propia)

## ANEXO 8

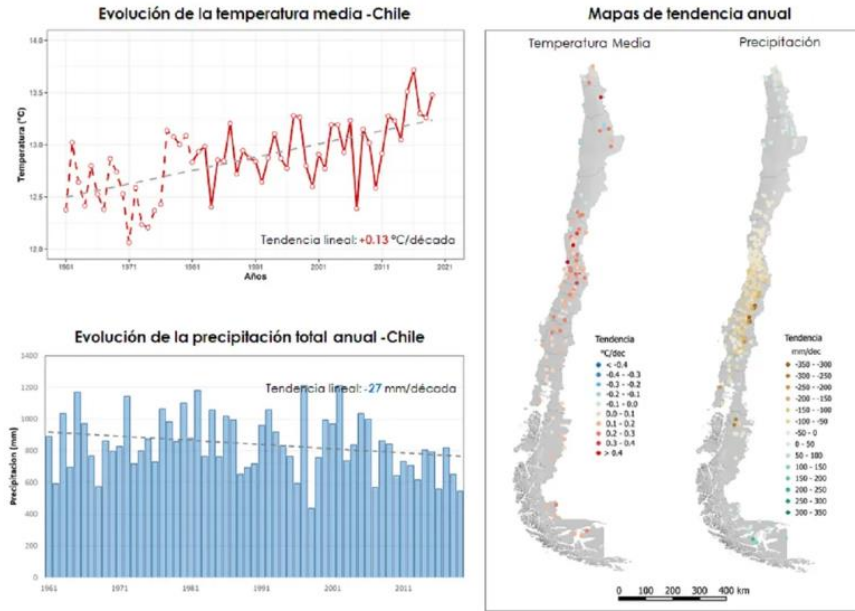
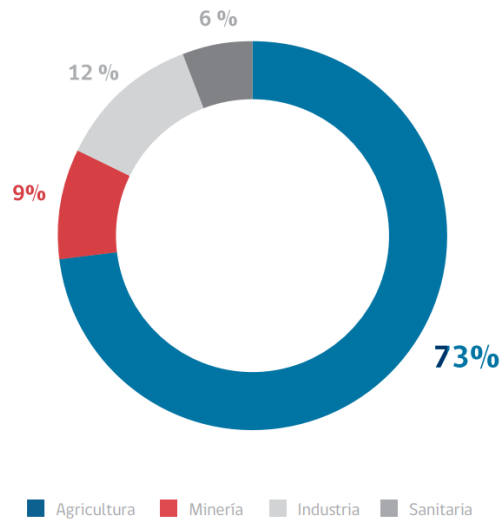


Figura N°27. Cambio climático en Chile (fuente: Dirección Meteorológica de Chile).



Fuente: Elaboración propia a partir de Ayala, L. (2010).

Figura N°28. Distribución de los usos Consuntivos del Agua (fuente: Dirección General de Aguas.)

**ANEXO 9**

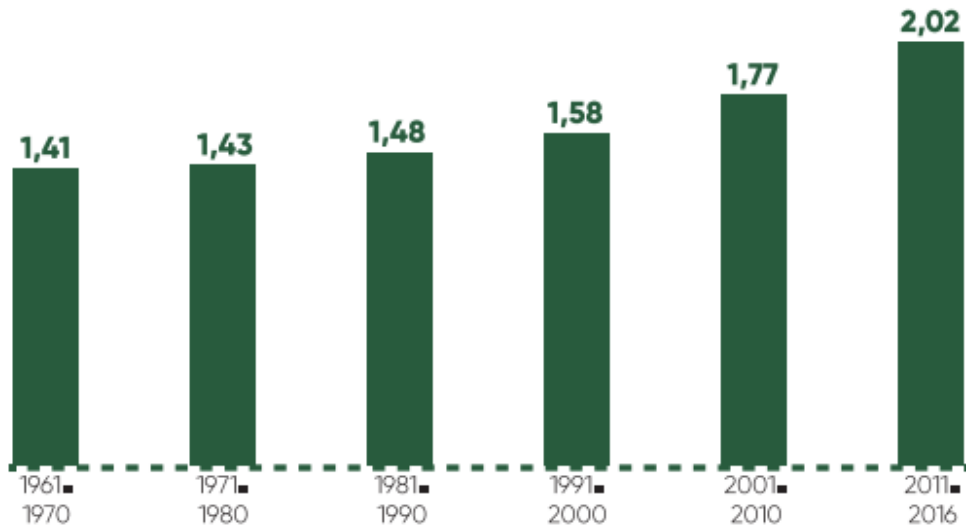
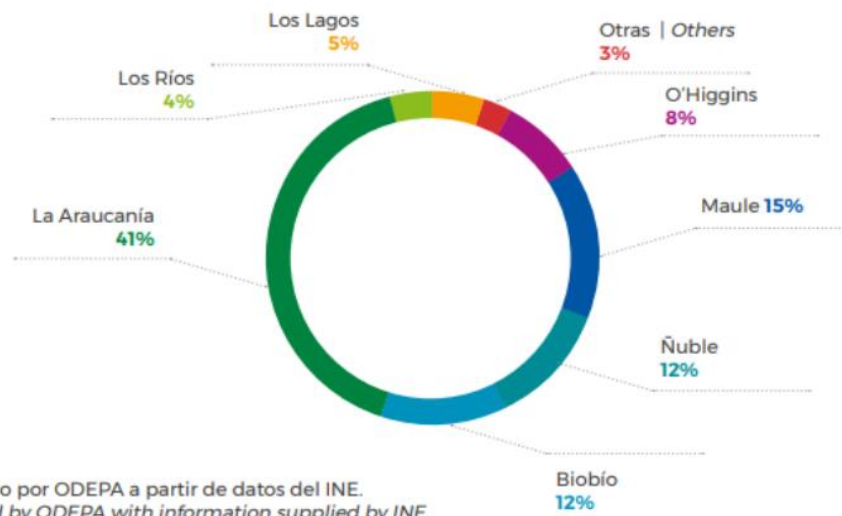


Figura N°29. Crecimiento Chileno promedio de la productividad agrícola por décadas (1961-2016) (fuente: Productividad del sector agrícola: Una mirada global 2019).

**DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE SUPERFICIE SEMBRADA CON CULTIVOS ANUALES TEMPORADA 2017/2018**  
**REGIONAL DISTRIBUTION OF ANNUAL CROPS, 2017/18 SEASON**



Fuente: elaborado por ODEPA a partir de datos del INE.  
 Source: prepared by ODEPA with information supplied by INE.

Figura N°30. Distribución regional de superficie sembrada con cultivos anuales 2017/2018 (fuente: ODEPA a partir de datos del INE, Instituto Nacional de Estadísticas).

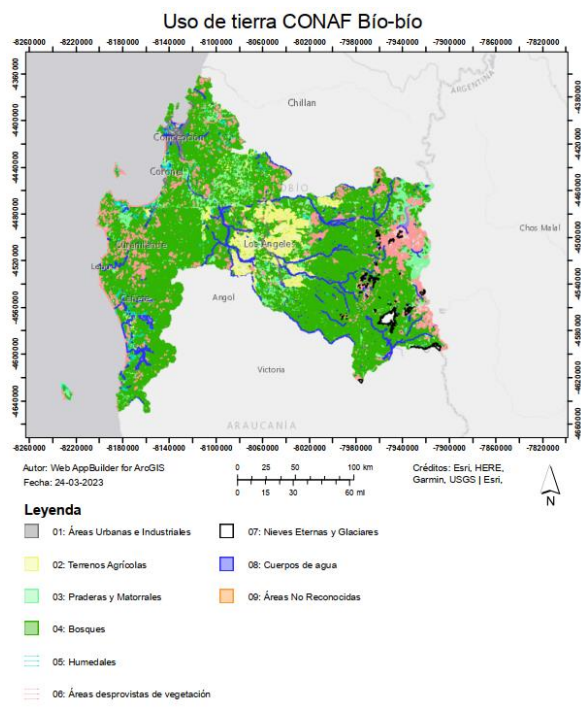


Figura N°31. Usos de Tierra en la región del Bío-bío (fuente: CONAF).

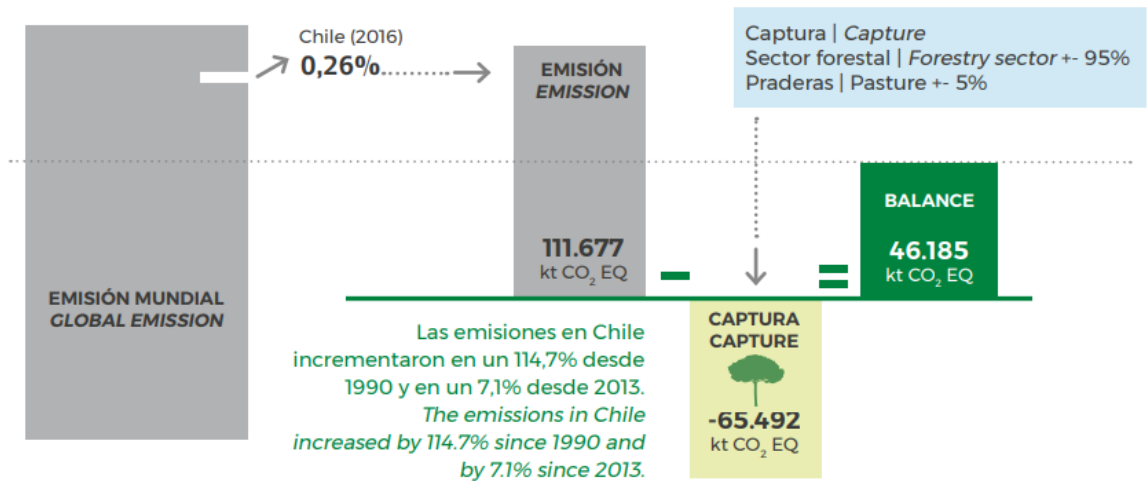


Figura N°32. Comparación de emisiones Globales con Chile de GEI (fuente: Tercer Informe Bienal –MMA, 2018).

## ANEXO 10

NOMBRE DEL MÓDULO	TERCERO MEDIO	CUARTO MEDIO
	Duración (horas)	Duración (horas)
1. Manejo de suelo y residuos	190	
2. Manejo de técnicas de riego	152	
3. Técnicas de reproducción vegetal	190	
4. Alimentación y pesaje pecuario	152	
5. Control de plagas y enfermedades	152	
<b>Módulos de la mención</b>		
1. Técnicas de cultivo de especies vegetales		190
2. Manejos para optimización productiva de frutales		228
3. Postcosecha y guarda de productos agrícolas		228
4. Mantenimiento de maquinarias y equipos agrícolas		114
5. Emprendimiento y empleabilidad		76
<b>TOTAL</b>	<b>836</b>	<b>836</b>

Figura N°33. Plan de estudio, Mención Agricultura. (fuente: Currículum nacional, especialidad agropecuaria, 2015).

Categoría   Category	1990	2010	2016
Fermentación entérica   <i>Enteric fermentation</i>	5.488,7	5.250,4	4.682,0
Gestión del estiércol   <i>Manure management</i>	1.521,9	2.112,9	2.022,1
Cultivo del arroz   <i>Rice crop</i>	164,2	123,6	133,7
Suelos agrícolas   <i>Agricultural soil</i>	4.547,3	5.238,7	4.483,6
Quema de residuos agrícolas en el campo   <i>Burning waste</i>	148,9	48,3	34,8
Encalado   <i>Liming</i>	30,8	92,9	88,4
Aplicación de urea   <i>Nitrogen (urea) application</i>	169,7	377,2	357,0
<b>Total</b>	<b>12.071,4</b>	<b>13.244,1</b>	<b>11.801,6</b>

Figura N°34. Emisiones de GEI (KT CO<sub>2</sub> EQ) del sector agricultura por categoría, serie 1990-2016 (fuente: Sistema Nacional de inventarios/equipo Técnico de Agricultura del MINAGRI).

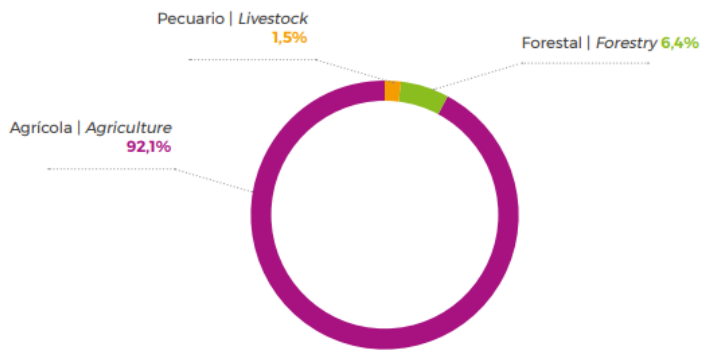


Figura N°35. Exportaciones silvoagropecuarias primarias por subsector, 2018 (fuente: ODEPA).

## ANEXO 11



Figura N°36. Programa de acción mundial de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) (fuente: UNESCO)

**ANEXO 13**

**Referente: Cité Maraichère, Francia**



Figura N°37 Planta emplazamiento. (fuente: Archdaily.com)



Figura N°38 Planta Nivel 1. (fuente: Archdaily.com)



Figura N°39 Planta Nivel 2. (fuente: Archdaily.com)

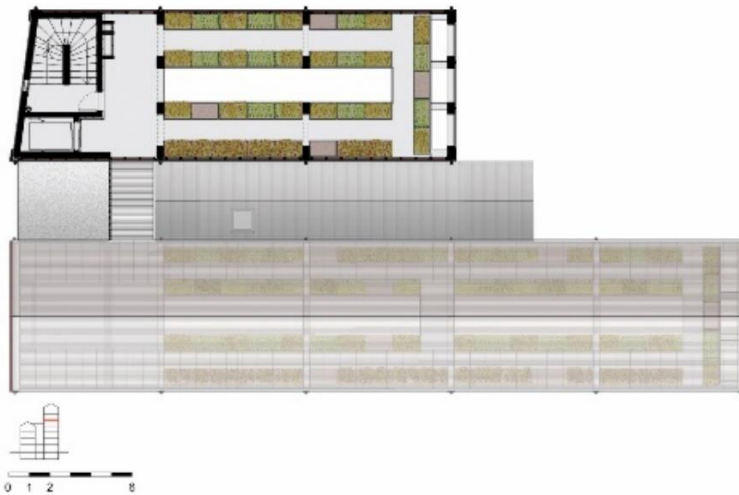


Figura N°40 Planta Nivel 3 (fuente: Archdaily.com)

**ANEXO 14**  
**Referente: Institute for Forestry and Nature Research, Holanda**

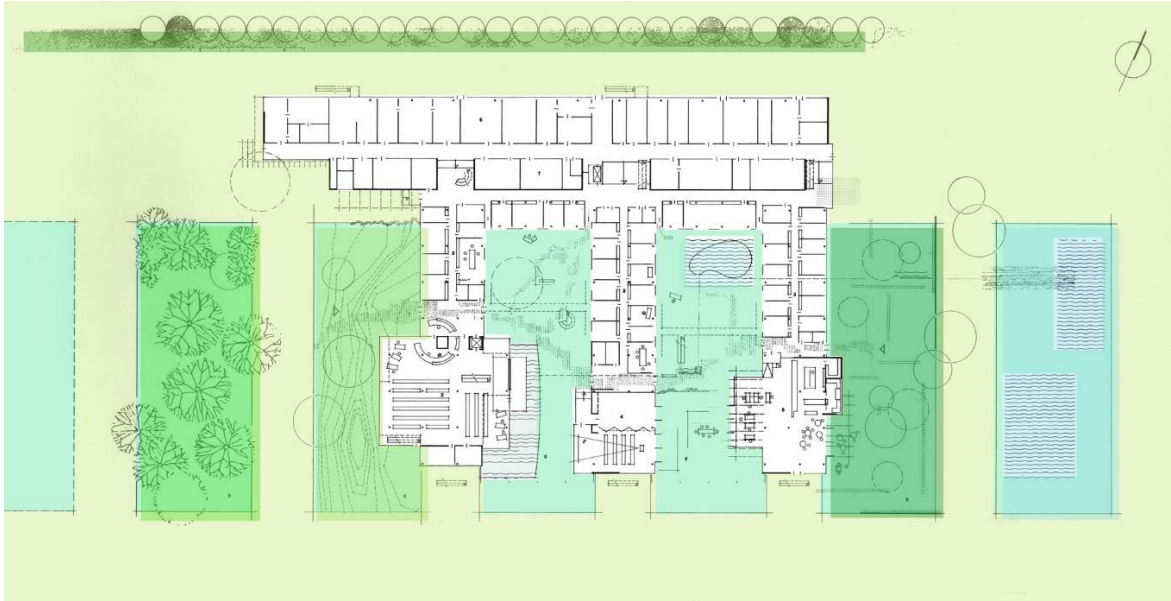


Figura N°41. Planta

**DOS ATRIOS**

- PRIMER ATRIO: JARDIN COMPUESTO POR VEGETACION ABUNDANTE Y FUENTE DE AGUA
- SEGUNDO ATRIO: VEGETACION BAJA, FUNTES DE AGUA Y ESCULTURAS
- JARDINES EXTERIORES Y LAGUNA

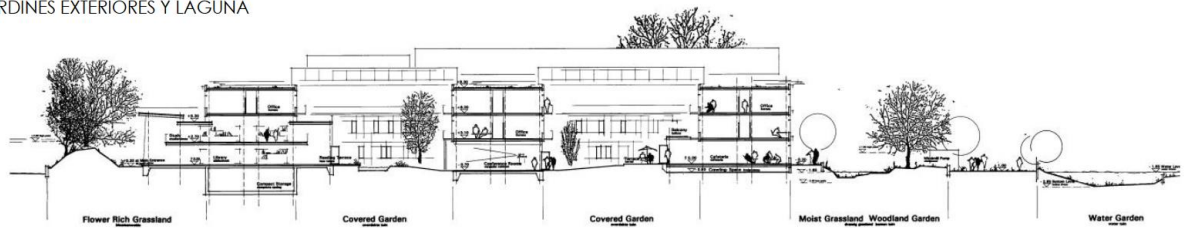


Figura N°42. Corte

**ANEXO 15**

**Referente: Centro Educativo Paddenbroek, Alemania**



Figura N°43. Isométrica Emplazamiento (fuente: Archdaily.com).



Figura N°44. Planta 1 (fuente: elaboración propia).

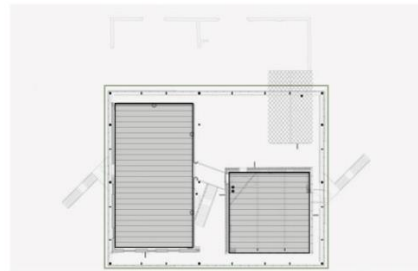


Figura N°45. Planta 2 (fuente: elaboración propia).



Figura N°46. Corte (fuente: Archdaily.com).

## ANEXO 16

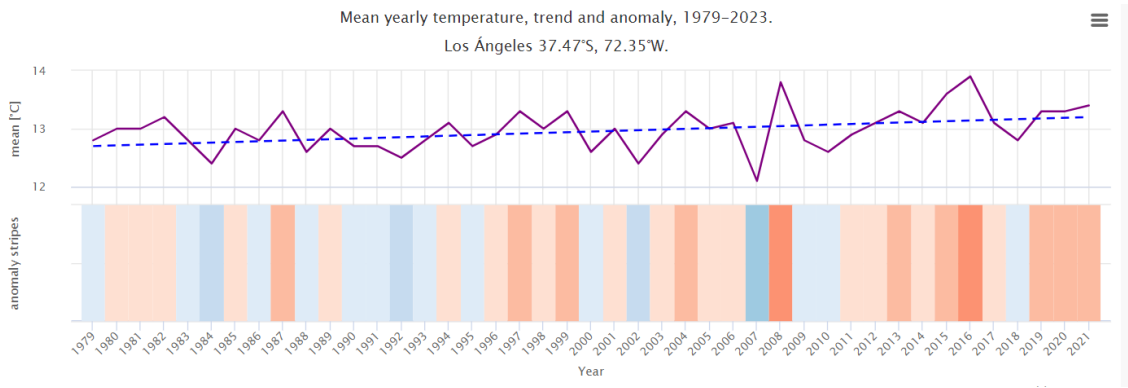


Figura N°47. Cambio Anual de Temperatura en Los Ángeles (fuente: Meteoblue).

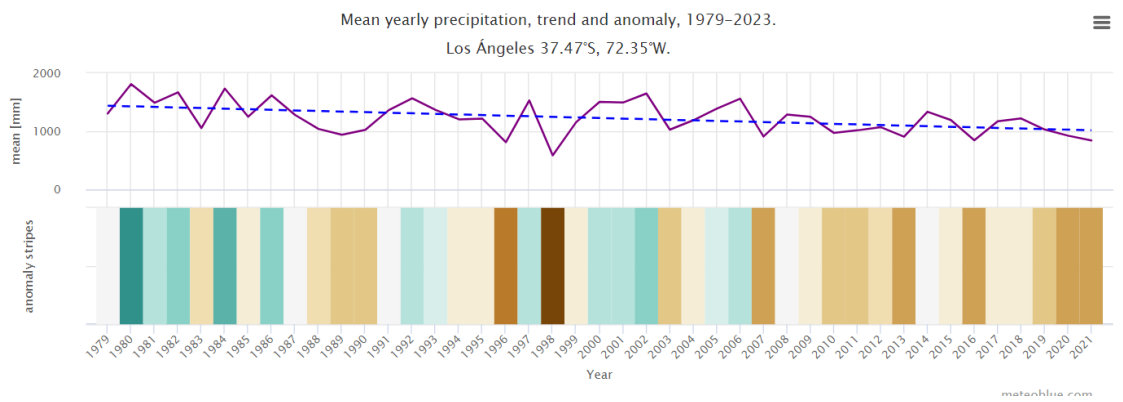


Figura N°48. Variación Anual de las Precipitaciones en Los Ángeles (fuente: Meteoblue).

**ANEXO 17**

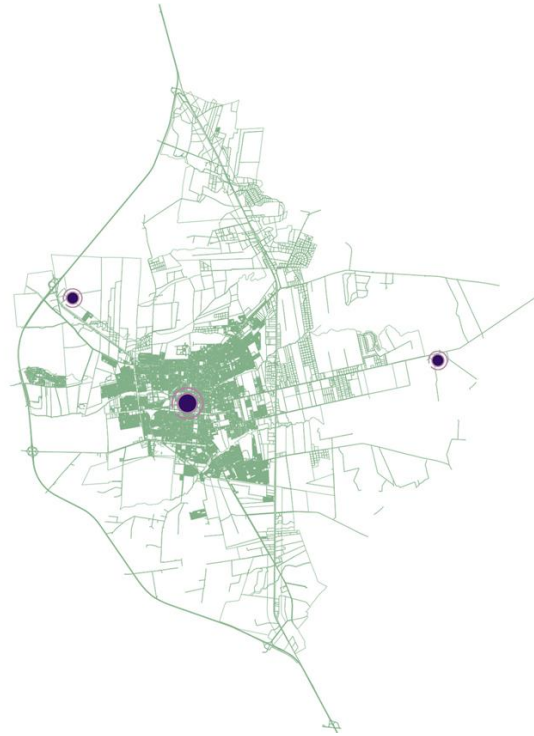


Figura N°49. Establecimientos educacionales ligados a la agricultura en Los Ángeles (fuente: elaboración propia).



Figura N°50. Ubicación Barrio Alemania (fuente: elaboración propia).



Figura N°51. Lugar de emplazamiento, ZM – 2 (fuente: elaboración propia).



Figura N°52. Contexto urbano y accesibilidad a lugar de emplazamiento (fuente: elaboración propia).



Tesina presentada a la Facultad de Arquitectura y Arte de la Universidad del Desarrollo para optar al grado académico/ título profesional de **arquitecto** con mención en **diseño sustentable**.