

UCH-FC  
B. Ambiental  
C. 747  
C. 1



Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias



## **Relaciones alelopáticas sobre tomate (*Lycopersicon esculentum*) en cultivos verticales urbanos.**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con mención en medio ambiente.

**Karina Andrea Conejeros Aguirre**

**Director seminario de título:  
Agustín Sepúlveda Sariego**

**Profesor Patrocinador:  
Francisco Pérez Correa**

**2015**



## INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, que el Seminario de Título presentado por la candidata:

**KARINA ANDREA CONEJEROS AGUIRRE**

**“Relaciones alelopáticas sobre tomate (*Lycopersicon esculentum*) en cultivos verticales urbanos”**

Ha sido aprobado por la Comisión evaluadora y revisora, como requisito parcial, para optar al título profesional de Bióloga con Mención en Medio Ambiente.

MSc. Agustín Sepúlveda Sariego  
Director Seminario de Título

Dr. Francisco Pérez Correa  
Profesor Patrocinante del Seminario

### Comisión Revisora y Evaluadora

Dr. David Veliz Baeza  
Presidente Comisión

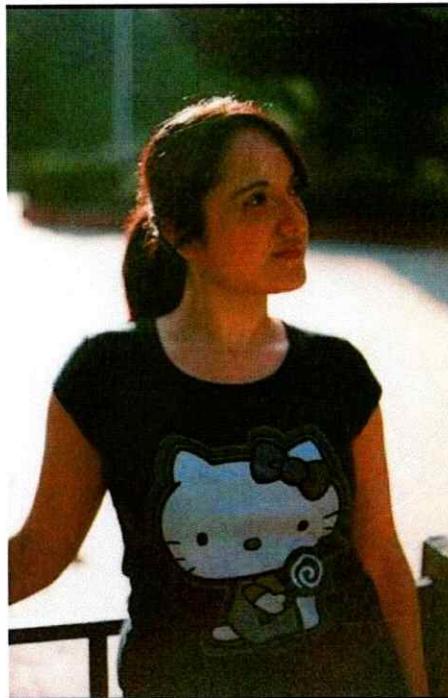
Dra. Carezza Botto Mahann  
Evaluadora



Santiago de Chile, abril de 2015

“Los hombres van y vienen pero la tierra permanece”

“La tierra permanece” George R. Stewart.



Karina Conejeros Aguirre nace el 2 de Julio de 1980 en la ciudad de Santiago, su padre Hernán Conejeros restaurador y artista, su madre Angela Aguirre profesora diferencial. Vive sus primeros años en Villa Portales, hasta el terremoto de 1985 donde se traslada con su familia a la comuna de Maipú en ella permanece hasta los 25 años. De pequeña desarrollo curiosidad por la biblioteca de su casa, le gusta el teatro, la danza, escribir poesía y los animales...todo esto fue orientándola a querer estudiar medicina veterinaria, hasta que a los 16 años aproximadamente, llega a sus manos el libro “Duna” de Frank Herbert, donde se cautiva con el ecólogo y decide buscar una carrera así...el año 2000 ingresa a Biología Ambiental en la Universidad de Chile, pero no encuentra por completo la esencia que buscaba, es cofundadora del grupo PUMA (Protección Universitaria del Medio Ambiente) el 2001 y buscando la sustentabilidad conoce la permacultura y su tutor Agustin Sepulveda.

Dedicado a todos los pioneros...

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres por la vida que me dieron, a mi mamá por todos los sacrificios que realizó para que yo pudiese educarme y entrar a la universidad. A mi papá por sembrar en mí la curiosidad y el amor por los libros, que abrieron un portal de infinitos conocimientos y aventuras, además tengo que agradecer a ambos el ayudarme en mis locas decisiones.

Mi papa me ayudó a fabricar las cajas para los cultivos verticales y gracias a la planta de reciclaje de Ñuñoa que permitió recuperar cajas de tetrapack para mi proyecto.

Quiero dar mi agradecimiento a todos los maestros que han pasado por mi vida y me han enseñado algo nuevo. Mi búsqueda de esos aprendizajes me llevo a escuchar una charla de permacultura de Agustín Sepúlveda, lo contacté, sin mucha esperanza para pedirle que fuese mi tutor y así comenzamos un viaje que estamos satisfechos de concluir. Agradezco a la profesora Carezza por entregarme una luz cuando ya todo parecía apagado para siempre y a David Veliz por su infinita paciencia.

Agradezco a mis amigos, que son mi tesoro una fuente inagotable de cariño y apoyo, sería largo nombrarlos a todos pero los considero una parte importante de la concreción de esto.

Finalmente agradezco a todos los pioneros que anónimamente cada día buscan sanar y mejorar este planeta con sus habitantes, a la naturaleza que nos permite estudiar sus secretos y sacar lo mejor de ellos; A la paciencia de las semillas, la explosión del brote, la belleza de sus flores y la abundancia del fruto todo ello me mostró la sencillez de la vida.

## ÍNDICE

<b>Bibliografía</b>	ii
<b>Dedicatoria</b>	iii
<b>Agradecimientos</b>	iv
<b>Índice</b>	v
<b>Índice de Figuras</b>	vi
<b>Índice de Tablas</b>	vii
<b>Resumen</b>	Viii
<b>Abstract</b>	X
<b>Introducción</b>	1
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
Hipótesis	5
<b>Materiales y Métodos</b>	6
Lugar de estudio	6
Especies estudiadas	6
Condiciones de germinación	8
<b>Resultados</b>	13
Cuantificación de la germinación	13
Aplicación de Test chi cuadrado	17
<b>Discusión</b>	18
<b>Conclusiones</b>	23
<b>Bibliografía</b>	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Unidad experimental fabricada en tetrapack.	9
FIGURA 2.	Disposición de la siembra en los tratamientos.	11
FIGURA 3.	Unidades experimentales al décimo día.	11
FIGURA 4.	Gráfico de germinación de semilla de tomate en control y tratamiento con papa y lechuga.	16
FIGURA 5.	Tabla de compatibilidad para distintas hortalizas.	19

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Cuantificación de la germinación al día 10 en el control (CO) Sólo tomate.	13
TABLA 2.	Cuantificación de la germinación en el tratamiento con lechuga (TL), grupo de tomate central, lechuga en ambos lados.	14
TABLA 3.	Cuantificación de la germinación del tomate en el tratamiento con papa (TP), grupo de tomate central papa en ambos lados.	15
TABLA 4.	Cuantificación de la germinación del tomate central encada tratamiento.	15
TABLA 5.	Aplicación del test Chi cuadrado con sus resultados.	17
TABLA 6.	Cultivo del tomate a nivel mundial hasta el 2011	20

## RESUMEN

Los compuestos alelopáticos son sustancias químicas producidas por plantas y que pueden tener efectos positivos o negativos sobre otras plantas o animales. Su funcionamiento ha sido estudiado en plantas y en la última década incorporado en la agricultura mejorando la productividad.

Muchas personas están construyendo huertos en sus casas o departamentos, buscando verduras frescas y orgánicas, pero uno de sus grandes problemas es mejorar el rendimiento de los policultivos buscando métodos orgánicos. Se sabe por recomendación popular que algunas plantas cultivadas juntas se benefician y son llamadas "compañeras", como la triada azteca de maíz, poroto y zapallo, donde el maíz permite que suban el zapallo y poroto, al mismo tiempo que este último aporta nitrógeno y el zapallo cubre el suelo manteniendo la humedad. Sin embargo, otras se interfieren, cuando se ponen a germinar o crecer juntas. En este estudio no solo se busca la interferencia, como se ha hecho antes, sino también la sinergia entre dos hortalizas.

El tomate es la hortaliza que más se produce en el mundo y en Chile la más consumida, por lo que se ha tratado de mejorar la productividad a base de agroquímicos y selección, haciendo que una planta rinda hasta 40 kilos al año. En los cultivos urbanos, las personas usan generalmente tecnologías orgánicas, pero uno de los principales impedimentos en este tipo de huerta es el espacio; cultivando de manera vertical se aumenta la productividad aprovechando el espacio de manera tridimensional. Aún hay pocos estudios de los manejos apropiados a realizar en estas huertas y este trabajo apunta a ser un apoyo a los cultivos de pequeña escala.

Se probó la manera de incrementar el rendimiento de la germinación del tomate mediante potenciales alelopatías: Se cultivaron verticalmente 48 unidades experimentales dentro de cada una de ellas se sembraron tres grupos de semillas; el primer tipo el control sólo cultivada con tomate (*Lycopersicon esculentum*), el segundo tipo el tratamiento con lechuga (*Lactuca sativa*), tomate en la zona central y lechuga en los costados. El tercer y último tipo tratamiento papa (*Solanum tuberosum*), tomate en la zona central y papa en los bordes, se hicieron 16 réplicas de cada tratamiento, se les midió la germinación marcada por la presencia o ausencia de brote.

Los resultados mostraron que el tomate germina en mayor cantidad estando acompañado por la lechuga que por la papa, se estima que al cultivarse de esta manera su rendimiento incrementa casi un 50%. Además el rendimiento en los cultivos verticales podría mejorar aún más, hasta en tres veces al de uno horizontal, sin embargo, hay otras condiciones en los huertos urbanos que impiden tener tan buenos resultados como la luz o la retención de agua del sustrato. Este es un primer paso que nos invita a seguir explorando interacciones entre plantas y sus aplicaciones hacia una agricultura que ayuda a la seguridad alimentaria de una manera sustentable usando solo la cantidad de agua necesaria y sin agregar químicos al medio ambiente.

Palabras clave: Alelopatía, Seguridad alimentaria, Cultivos verticales, Plantas compañeras, Tomate.

## ABSTRACT

Allelopathy defined as interactions (interferences or benefits) among species is currently being studied for its agricultural practices in order to improve productivity. Whereas many people are building small edible gardens in their houses or apartment, looking for fresh-organic fruits and vegetables, the main problem is to improve the polyculture while using organic methods.

It is a current knowledge that some plants cultivated together get mutual benefits, and they are called "companion plants", such as the Azteca triad of corn, beans and squash. In that arrangement corn allows beans to rise climbing on it; and beans provide nitrogen for the association, meanwhile, squash covers the ground keeping it moist and temperate. Nevertheless some plants species make interference that, prevent the germination or growth when they share a substrate. Therefore the present study investigates about the interference and synergy among species of cultivar.

Tomato is the most widely produced vegetable worldwide, so it has been tried to improve productivity based on genetic engineering, agrochemicals and manual selection, making that a single plant could render up to 40k per year. In urban farming, people use organic technologies, but one of the main obstacles in this type of cultivation is space. By making a vertical garden is possible to take advantage of tridimensional space and to get an increase in production.

Even though, there are very few studies of the appropriate handling on this type of grow. This research aims to be a support for small scale grow practices and also generates a scientific basic line.

The way of increasing the germination of tomato was tested through allelopathy: 48 experimental units were vertically grown. Three treatment werw performed: a) A control

containing only Tomato (*Lycopersicon esculentum*), b) A treatment containing tomato on a central area and lettuce (*Lactuca sativa*) in the borders. c) A treatment containing tomato on a central area and potato (*Solanum tuberosum*) at the borders. The analysis includes 16 replicas of each treatment, and germination by the presence or absence of outbreak was quantified.

Results showed that tomato sprouts in greater quantities in presence of lettuce instead of potato. In this arrangement, the performance increase almost 50%. In addition, the vertical crop yield could be improved even further, up to three times that of one horizontal. It is important to note that, other conditions could prevent urban crops to achieve such good results such as; the absence of light or water retention from the substrate.

This study pointed out the importance of knowledge about the beneficial interactions between plants and their applications towards agriculture that helps food security in a sustainable way.

**Keywords:** Allelopathy, Food security, Vertical crop, Companions plants, Tomato.

## INTRODUCCIÓN

Las proyecciones indican que hacia el 2050 el 65% de la población mundial será urbana (Bellet, 2000), En esta proyección se estima que la cantidad y calidad de los alimentos será inadecuada para satisfacer a toda la población, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria incluso en países desarrollados (FAO, 1996).

En la búsqueda de autoabastecerse, así como también en conseguir alimentos más sanos y con mayor cantidad de nutrientes, hacen que personas realicen sus propias huertas dentro de la ciudad. Si bien este sistema de producción a pequeña escala simula un ambiente natural con sus diversos estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo) (Hoogerbrugge y Fresco, 1993), uno de los principales problemas que enfrentan en el área urbana es la falta de espacio. Diferentes diseños intentan alcanzar la mayor superficie cultivable, haciéndose muy populares los “cultivos verticales”, que se basan en la utilización del espacio de forma tridimensional, con lo que ya no se habla de metros cuadrados para cultivar, sino de volumen. Algunas de las técnicas de cultivo vertical usan macetas independientes que se disponen vertical u horizontalmente usando niveles, pero en las más utilizadas las plantas comparten el sustrato y llegan a una posición casi a los 90° con respecto al suelo (Restrepo, 2013). Así existen los populares muros verdes, usados sólo de manera ornamental, no obstante, hay países que ya cuentan con muros verdes comestibles. Otra técnica que también es usada en la agricultura tradicional son las mangas o columnas; generalmente se usan tubos de PVC o bolsas plásticas largas, rellenas de sustrato y con varios agujeros por donde salen las plantas. Estos diseños permiten ganar un nuevo lugar, que de otra forma no se podría cultivar. Por ejemplo, en un metro cuadrado se produce en promedio en

Chile, 8 kilos de tomate (Infante, 1986). Al utilizar el mismo espacio, pero de forma vertical, en un metro cúbico se puede producir teóricamente hasta 24 kilos de tomate. Sin embargo la productividad puede bajar por nuevos problemas que trae esta disposición; como la humedad en cada planta, la cantidad de luz, el arrastre de nutrientes, entre otros. Todo apunta a diseñar un sistema eficiente que reduzca estas diferencias, pero además debemos añadir que un huerto familiar debiese mezclar especies dentro del mismo lugar, pues se necesita una variedad de diferentes alimentos para cubrir las necesidades familiares y por esto se utilizan los policultivos. No obstante lo anterior, se debe considerar las interacciones alelopáticas entre las especies cultivadas, ya que algunas al sembrarse cerca de otra podrían afectar la productividad.

En los policultivos, al igual que en su ambiente natural, las plantas liberan diversos compuestos químicos sobre el ambiente y otros organismos. Estos compuestos actúan como estimuladores o inhibidores en el desarrollo, aquellas interacciones son conocidas como alelopatías y se entienden como: efectos directos o indirectos, dañinos o beneficiosos, que una planta ejerce sobre otra, a través de la producción de compuestos químicos que libera al ambiente (Rice, 1984). La posibilidad de aplicar la alelopatía en agricultura ha aumentado los estudios sobre ella en las últimas décadas en el área de la química ecológica (Pérez, 1990), los que principalmente han apuntado al fenómeno de interferencia o inhibición entre dos plantas cultivadas en el mismo suelo (una planta impide que la otra crezca o reduce su producción). Aunque también se ha observado que en cierta combinación de especies puede mejorar el rendimiento (Pacheco, 2005). En manuales de huerta hay secciones dedicadas a las alelopatías, llamándolas "plantas compañeras" (Lefrançois, 2014) sugiriendo qué especies debemos cultivar juntas y cuáles no, conocimiento que ha sido puesto a prueba

empíricamente por varias generaciones y sería muy interesante empezar a corroborar este tipo de conocimiento mediante estudios científicos y también abrir un nexo entre la comunidad científica y la ciudadanía.

Es muy popular en Latinoamérica la triada Azteca maíz, poroto y zapallo. El maíz crece dando un soporte para el poroto y el zapallo; el poroto aporta nitrógeno y el zapallo actúa como un cubresuelo que impide la desecación, se piensa que esta forma de cultivar se practicaba mucho antes de la llegada de los españoles. Este es un ejemplo entre varias otras combinaciones que han aparecido en las huertas por varias generaciones y que se les conoce como plantas compañeras.

El tomate (*Lycopersicon esculentum*), siendo una planta trepadora, se cultivaba aprovechando las pendientes en variedades locales que se extendían de Perú a México. Pasó de ser un veneno, según creían los conquistadores de América, a ser una de las hortalizas más consumida en el planeta.(Brouwer, 2006).

Estimaciones de la FAO indican que el año 2011 se alcanzaban 4,7 millones de hectáreas cultivadas dando una producción de 159 millones de toneladas (Flaño, 2013). En Chile es la hortaliza más consumida destinándosele un 0,27% del gasto total mensual (INE, 2007). También se ha visto que es una hortaliza fácil de cultivar en las huertas urbanas con alto rendimiento. Por lo tanto, los tomates y sus diversas variedades, están presentes incluso para personas que tienen pequeñas huertas en sus balcones.

Este trabajo representa una primera aproximación a la investigación de las relaciones alelopáticas del tomate (*Lycopersicon esculentum*) con otras hortalizas, aplicándolo a huertas urbanas verticales. Para esto se ensayaron las interacciones alelopáticas al combinar dos especies con el Tomate; una que en los libros de huertas se recomienda cultivar junto este, la lechuga (*Latuca sativa*) y otra que no se

recomienda cultivar cerca, la papa (*Solanum tuberosum*) (Zoppolo, 2008). Se comprobó la germinación del tomate al estar acompañado por las semillas en germinación de estas otras especies y se determinó si existe algún tipo de interferencia. Con esta investigación se espera hacer un aporte en el conocimiento para mejorar la productividad en las huertas urbanas familiares y de crecimiento vertical, pensando en la soberanía alimentaria, es decir tener acceso a alimentos frescos y de buena calidad en cualquier momento y además, sentar un precedente para futuros trabajos científicos en esta materia.

### Objetivo general

Evaluar los efectos alelopáticos de la germinación de dos especies vegetales: Lechuga (*Lactuca sativa*) y Papa (*Solanum tuberosum*) sobre la germinación del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en cultivos verticales.

### Objetivos específicos

1. Cuantificar la proporción de germinación del tomate creciendo en monocultivo solo.
2. Cuantificar la proporción de germinación del tomate creciendo con lechuga.
3. Cuantificar la proporción de germinación del tomate creciendo con papa.

### Hipótesis

Sabemos que cada especie vegetal genera distintas sustancias químicas que pueden mostrar efectos positivos, negativos o neutros, sobre las plantas compañeras de cultivo, potenciando o inhibiendo el crecimiento de las especies aledañas, impactando la productividad de estas, por lo tanto se puso a prueba las siguientes hipótesis:

1. Hipótesis de interacción negativa: El crecimiento de la papa (*Solanum tuberosum*) puede afectar negativamente el crecimiento tomate (*Lycopersicon esculentum*), disminuyendo su germinación.
2. Hipótesis de interacción positiva: El crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa*) puede afectar positivamente el crecimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum*) aumentando su germinación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de estudio

Los experimentos de germinación se realizaron en un balcón de la ciudad de Santiago, la que se ubica 33°26'16"S 70°39'01"O, a una altitud media de 567 msnm. Santiago posee un clima templado-cálido con lluvias invernales y estación seca prolongada, más conocido como clima mediterráneo continentalizado (Atlas de la República de Chile, 2008). Los balcones utilizados fueron dos ubicados en un tercer piso, exposición oriente. Los experimentos de germinación se llevaron a cabo durante Septiembre, periodo en el cual se alcanzó temperaturas promedio de 22° C (DGAC, 2013).

### Especies Estudiadas

- Especie 1 (E1): Tomate (*Lycopersicon esculentum*): Planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, pertenece a la familia de las solanáceas. Puede desarrollarse de forma rastrera, semi-erecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas). Las hojas compuestas e imparipinnadas, con folíolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares, se disponen de forma alternativa sobre el tallo. Los haces vasculares son prominentes (sobre todo en el envés) y constan de un nervio principal. El fruto baya, bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos, está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del peciolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto. El cultivo se realizó a

fin de septiembre, la temperatura ideal para la germinación es 25° C en el día, y en la noche de 15° a 18° C. Demora aproximadamente 90 días después de la siembra en que complete su desarrollo y aparezcan las flores (Díaz, 1981)

- Especie 2 (E2): Lechuga (*Lactuca sativa*): Es una planta anual y autógama, perteneciente a la familia Compositae. La raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones, las hojas están ubicadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado. El tallo es cilíndrico y ramificado y las inflorescencias son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos. Se cultivan todo el año, necesita temperaturas entre los 18°C y 20°C para germinar. Es importante que en la noche baje la temperatura para que se produzca la germinación. Su crecimiento se completa a los 90 días aproximadamente desde la siembra (Díaz, 1981).

- Especie 3 (E3): Papa (*Solanum tuberosum*): Es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas. Su cultivo se encuentra extendido por todo el mundo excepto en los países tropicales. La papa es una planta herbácea anual y sus raíces son muy ramificadas, finas y largas. El tallo, dependiendo de su desarrollo y de que el suelo esté más bien aireado que compacto, es grueso, fuerte y anguloso, con una altura que varía entre 0,5 y 1 m, el cual se origina en las yemas del tubérculo. Las hojas son imparipinnadas, constan de nueve o más folíolos, cuyo tamaño es tanto mayor cuanto más alejados se encuentran del nudo de inserción. Aunque la papa puede multiplicarse por semillas y por esquejes, en la práctica, la multiplicación es siempre vegetativa, haciéndose por medio de los tubérculos que producen brotes en las yemas u ojos. Es recomendable cultivarlas en primavera u otoño, su temperatura

ideal de germinación oscila entre los 14° y 24° C. Su crecimiento se completa aproximadamente a los 120 días (Díaz, 1981).

#### Condiciones de la germinación

- Macetero: Se hizo un macetero con un marco con listones de madera y trozos de cholguan que contenía cajas de tetrapack de 2 l, se les cortó la parte superior y se pegaron de a tres conectadas por agujeros. A esto llamaremos una unidad experimental cuyas medidas finales fueron: 25 cm de largo x 10 cm de ancho x 15 cm de alto. Las cajas de tetrapack fueron recuperadas de la planta de reciclaje de Ñuñoa.



Figura 1. Unidad experimental, primera versión de cuatro tetrapack, finalmente se utilizó una versión de tres tetrapack.

- Sustrato: Se rellenó la unidad experimental con humus de lombriz (30%), perlita (20%) y tierra de compost (50%). El humus de lombriz tiene propiedades nutritivas para la germinación de la semilla, a pesar que ésta está preparada con los nutrientes adecuados para germinar, el humus le da un entorno adecuado para la proyección de los cotiledones y el enraizamiento de la planta, además sus características físicas permiten un sustrato aireado y con gran capacidad de retención de humedad, lo que es muy importante para el proceso de germinación. El humus se compró en la tienda virtual [Humusdechile.cl](http://Humusdechile.cl), se

utilizó un saco de 20 kg. El compost y perlita se compraron en tienda del rubro (10 sacos de 2 l de perlita y 20 sacos de tierra para maceteros Harmony.)

- Siembra y germinación: Las unidades experimentales fueron sembradas al mismo tiempo en lo que llamaremos tiempo cero, se esperaron 10 días para contabilizar el resultado de la germinación. Las unidades fueron regadas en los días 2, 4, 6 y 8, a cada una se aplicó 400 ml de agua una sola vez cada día para que existiera la posibilidad de escurrimiento y el sustrato retuviese el agua necesaria.

Se sembraron las unidades experimentales de la siguiente manera:

- Control (CO): En cada una de las tres divisiones de la unidad experimental se sembraron cinco semillas de tomate.
- Tratamiento lechuga (TL): Solo la división central fue sembrada con cinco semillas de tomate; las divisiones laterales con cinco semillas de lechuga cada una.
- Tratamiento papa (TP): Sólo la división central fue sembrada con cinco semillas de tomate; las divisiones laterales se sembraron con cáscara de papa de 4x4 cm aproximadamente que contuvieran al menos tres zonas de brote conocidas popularmente como "ojo".

Se hicieron 16 réplicas de cada tratamiento: CO, TL y TP, con un total de 48 unidades experimentales.

CO	TL	TP
Tomate	Lechuga	Papa
Tomate	Tomate	Tomate
Tomate	Lechuga	Papa

Figura 2. Disposición de la siembra en los tratamientos.



Figura 3. Unidades experimentales al día 10.

- Método estadístico: Al día 10 de la siembra se contaron las semillas que presentaban germinación por presencia (1) y ausencia (0) en cada grupo y se obtuvo la germinación del tomate sólo de la columna central, considerando que los valores obtenidos fueron conteos germinado/ no germinado, se utilizó una tabla de contingencia de chi-cuadrado de 2x2 con el fin de realizar comparaciones pareadas utilizando una  $\alpha = 0,05$ .(Tinoco, 2008)

## RESULTADOS

### 1. Cuantificación de la germinación:

Al día 10 se constató la presencia o ausencia de brote. El día 0 fue el 4 de septiembre del 2013 y se hizo el conteo el 14 de septiembre 2013. En las tablas 1, 2 y 3, se muestra la presencia del brote se marcó con 1 y la ausencia con 0.

Tabla 1. Cuantificación de la germinación en CO (Control).

Nº U. Experimental	Tomate	Tomate2	Tomate3
1	1	1	1
2	1	0	0
3	1	1	0
4	1	1	1
5	0	1	0
6	1	1	0
7	0	0	0
8	1	1	0
9	1	1	0
10	0	0	1
11	0	0	1
12	1	0	0
13	1	1	0
14	1	0	0
15	1	0	1
16	1	0	0



Tabla 2. Cuantificación de la germinación en TL (Tratamiento Lechuga).

Nº U. Experimental	Lechuga	Tomate	Lechuga2
17	0	0	0
18	0	0	0
19	1	1	0
20	1	0	0
21	1	1	0
22	1	0	0
23	1	1	0
24	0	1	0
25	1	1	1
26	1	1	1
27	0	1	0
28	1	1	0
29	0	1	0
30	1	1	1
31	1	1	1
32	1	0	0

Tabla 3. Cuantificación de la germinación en TP (Tratamiento Papa).

Nº U. Experimental	Papa	Tomate	Papa2
33	0	0	0
34	0	0	0
35	1	1	0
36	0	0	0
37	0	1	0
38	0	1	0
39	0	0	0
40	0	0	0
41	0	0	0
42	0	0	1
43	0	0	0
44	0	1	1
45	0	0	0
46	0	1	0
47	0	0	0
48	0	0	0

A continuación, la tabla 4 resume la germinación de tomate para cada tratamiento, en el caso del control sólo está considerada la germinación del tomate central que es el de nuestro interés.

Tabla 4. Cuantificación del tomate germinado en cada tratamiento.

Germinación	CO	TL	TP
Semilla germinada	8	11	5
Semilla no germinada	8	5	11
Total	16	16	16

La figura 4 nos muestra una mayor germinación de la semilla del tomate acompañada con la lechuga, respecto al control y una disminución de la germinación de la semilla de tomate cuando está acompañado con papa respecto al control.

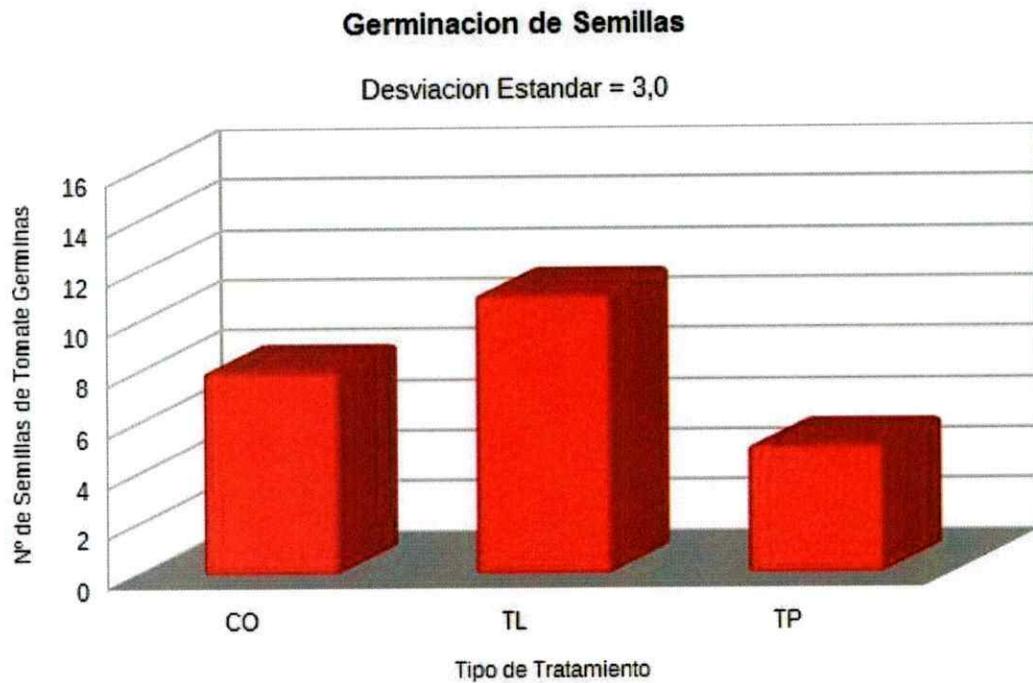


Figura 4. Semillas de tomate germinadas en cada tratamiento CO control, TL Tratamiento con lechuga y TP tratamiento con papa.

## 2. Análisis estadístico:

Se aplicó el test de Chi cuadrado para determinar si la proporción de germinación difería entre tratamientos y control. Los valores del análisis se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados del Chi cuadrado para comparar los tratamientos.

Tratamientos comparados	Valor de Chi cuadrado	Grados de libertad	P
TP – TL	4,5	1	0,034
CO – TL	1,17	1	0,280
CO – TP	1,17	1	0,280

El análisis nos muestra claramente que la presencia de papas afecta negativamente la germinación de tomates al compararla con el tratamiento realizado con lechugas. Se muestran diferencias significativas entre el tratamiento y el control.

## DISCUSIÓN

En este estudio se compararon las interacciones alelopáticas de tres hortalizas; tomate (*Lycopersicon esculentum*), papa (*Solanum Tuberosum*) y lechuga (*Lactuca sativa*). Se midió el éxito de la germinación de las semillas de tomate; el control germinando sólo con tomate, un primer tratamiento germinando con semillas de lechuga, y un segundo tratamiento germinando con semillas de papa. A diferencia de otros estudios no sólo se comprobó la inhibición en la germinación, sino también se observó si alguna de las hortalizas compañeras generaba un aumento en la germinación del tomate.

Por cultura popular se habla de plantas de alelopatías negativas y alelopatías positivas, y a estas últimas se les llama compañeras (Thorez, 2014):

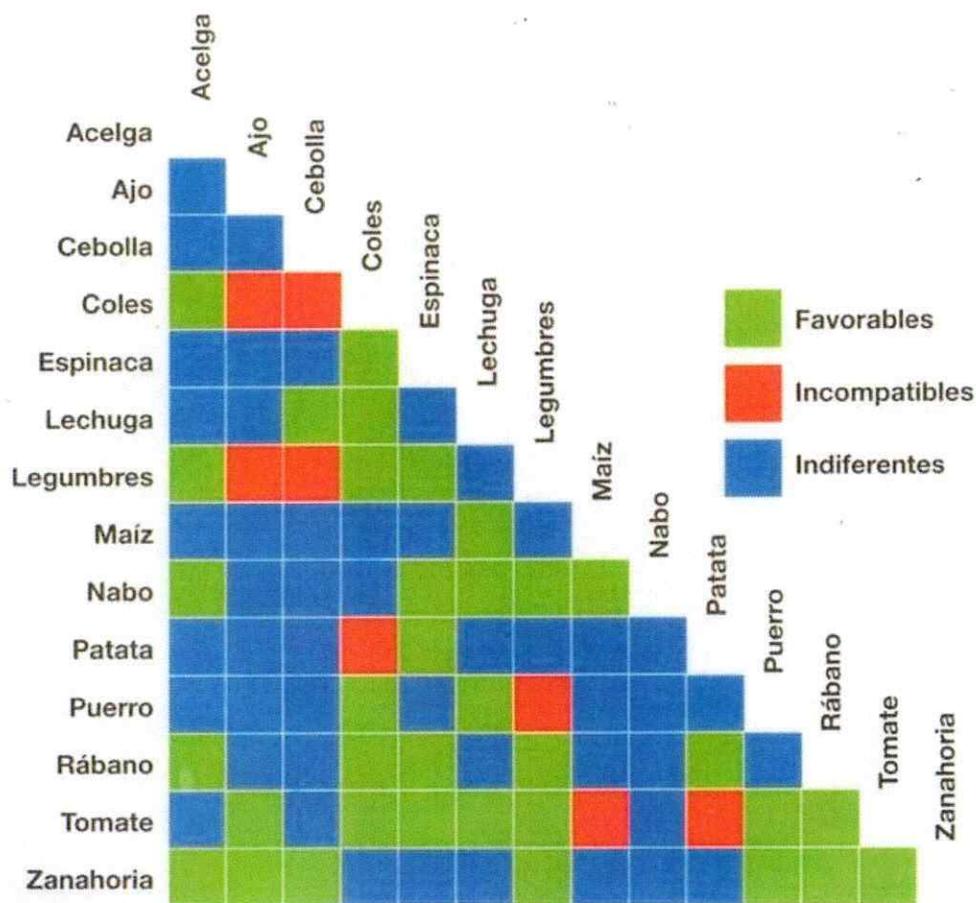


Figura 5. Compatibilidad para cultivar hortalizas diferentes. (Fuente: Instituto cristiano de promoción campesina (ICPROC), 1998, Colombia.)

La Figura 5 se encuentra en muchos manuales de cultivo, y en ella se señala la compatibilidad o beneficio al poner ciertas hortalizas juntas y otras que no son compatibles. En base a esto se formuló las hipótesis de interacción positiva al germinar tomate junto a lechuga y la interacción negativa, al germinar tomate junto a papa.

La elección del tomate como objeto de prueba radica en su fácil cultivo y alta productividad, siendo la hortaliza más cultivada en el mundo como vemos en la tabla 6:

Tabla 6. Cultivo del tomate a nivel mundial hasta el año 2011

<b>País</b>	<b>Superficie (miles ha)</b>	<b>Volumen (miles ton)</b>
China	986	48.577
India	865	16.826
Estados Unidos	149	12.625
Turquía	270	11.003
Egipto	212	8.105
Irán	184	6.824
Italia	104	5.950
Brasil	71	4.417
España	50	3.821
Uzbekistán	58	2.585
México	85	2.436
Rusia	117	2.201
Ucrania	86	2.112
Otros países	1.497	31.542
<b>Total</b>	<b>4.734</b>	<b>159.023</b>

\* Incluye tomate para consumo fresco e industrial.

*Fuente:* elaborado por Odepa con información de FAO 2013.

En Chile, el tomate es el tercer cultivo hortícola con mayor superficie después del choclo y la lechuga (Flaño, 2013). Sin embargo, es la hortaliza más consumida y, por lo tanto, a la que los hogares destinan más recursos (INE, 2007) y es por esto también que encontrar una manera de mejorar la productividad del tomate en huertos urbanos podría llegar a ser un ahorro para muchas familias, permitiendo el autoconsumo e intercambio o venta de excedentes, brindando seguridad alimentaria, que es definida

como: Que toda persona en todo momento tenga acceso a la alimentación necesaria para llevar una vida sana y activa (FAO, 2006).

En Santiago se han realizado algunas experiencias de huertas urbanas, por ejemplo en la Aldea del Encuentro en la comuna de La Reina, donde facilitan un terreno a cambio de un porcentaje de la producción, o las huertas urbanas comunitarias en la comuna de La Pintana, que abastece a frutas y verduras a las ferias libres del sector. En este sentido las políticas públicas debiesen tomar más en cuenta estas experiencias e impulsar la aparición o transformación de espacios sólo de carácter ornamental en huertas comunitarias y pensamos que este estudio puede respaldar estas iniciativas.

En este contexto, el presente trabajo comprobó, que se puede mejorar el rendimiento por un método orgánico que no implica el uso de productos químicos, con lo que se puede reducir los costos de producción. La alelopatía se está estudiando como alternativa para combatir a las malezas en los cultivos (Perez, 1991), pero en este estudio damos otra mirada donde la alelopatía no sólo sirve para inhibir el crecimiento de otra especie, sino que puede potenciar la germinación y crecimiento de otra especie convirtiéndose en sinergistas. (Zoppolo, 2008)

Los resultados del experimento son significativos al comparar la germinación del tomate en ambos tratamientos, lo que nos muestra que las hipótesis se cumplen mostrando mayor éxito de germinación del tomate al estar acompañado por lechuga que por la papa. Sin duda este resultado abre camino para la investigación a nivel bioquímico respecto a los componentes exudados por las semillas que podrían estar generando ésta interacción. Además de analizar germinación en condiciones de laboratorio y de campo, creemos que el siguiente paso es comprobar las interacciones químicas y físicas una vez que las plantas son adultas y cómo esto afectará finalmente la producción. Al analizar la germinación tenemos una estimación, pero falta aún

comprobar periodos críticos en el desarrollo de las plantas como son la floración y crecimiento de los frutos, o desarrollo de hojas y raíces según sea el objeto de estudio. Estos experimentos podrían hacerse separando completamente las raíces o dejándolas crecer juntas, y también lo mismo con los tallos, así poder observar el tipo de interacción que se presentan y llevar estudios más específicos que permitan deducir finalmente las interacciones físicas o químicas y sus mecanismos. Además, el experimento que debiese ser nuestro siguiente paso es comparar el rendimiento de un huerto vertical y uno horizontal para respaldar el uso del espacio.

Finalmente, el estudio realizado quiere entregar un protocolo sencillo y realizable por cualquier persona que permita ir demostrando desde el conocimiento científico las relaciones descritas ancestralmente en las asociaciones de plantas y enlazar a la comunidad con el mundo científico.

## CONCLUSIÓN

Para resguardar la seguridad alimentaria en el futuro, en que gran parte del planeta será urbano, se debe incluir la agricultura a los diseños de las ciudades modernas y estos huertos deben ser implementados aprovechando la falta de espacio, además sería muy riesgoso utilizar agroquímicos que puedan intoxicar a las personas, por lo que se deben generar soluciones orgánicas. Es la búsqueda de la ecología urbana y este estudio es una contribución a ella.

Se trajo a la investigación científica conocimientos de tradición ancestral sobre los cultivos siendo un primer paso para comprobar las tablas de alelopatías, al constatar la incompatibilidad de cultivar papa y tomate, mientras al cultivar el tomate con la lechuga mejora la germinación. Se busca una mejora en la aplicación del conocimiento entregando un sencillo protocolo para estandarizar y mejorar los métodos de cultivos y corroborar la mejor manera de asociar plantas dentro de un policultivo.



## BIBLIOGRAFÍA

- BELLET C (2000). Ciudades intermedias y urbanización mundial. Una visión general a finales del siglo XX. Publicaciones del Seminario Internacional "El rol de las ciudades iberoamericanas" (Argentina).
- BUENO M (2009). Tu huerto ecológico en casa, cultiva alimentos saludables en poco espacio. Ediciones Timun mas, España.
- DIAZ J (1981). Atlas de las frutas y hortalizas. Ministerio de agricultura, Madrid, España.
- EGAÑA E. & GALIETTA G. (2004). Investigación en residuos químicos. "Calidad e inocuidad en frutas y hortalizas". Curso de actualización técnica. INIA Las Brujas. Actividades de difusión N° 376
- ERCISLI S. (2004). The allelopathic effects of juglone and walnut leaf extractson yield, growth, chemical and PNE compositionsof strawberry cv. Fern. Plant soil environ, 51, 2005 (6): 283–287.
- FLAÑO A (2013) Situación del tomate para consume fresco, ODEPA [en línea] <http://www.odepa.cl/odepaweb/publicaciones/doc/11729.pdf>
- INFANTE A, (1986). Descripción de un sistema de producción intensivo de hortalizas a nivel familiar bajo tecnología orgánica. Tesis de la U. de Chile, facultad de agronomía.
- JOYCE D (1999). The ultimate container garden. British Library.
- LANZA P (1998). Lasagna gardening. Organic gardening magazin.
- LEMAIRE F (2003). Cultivos en macetas y contenedores: principios agronómicos y aplicaciones. Ediciones INRA.
- LEYDA E & WINCHESTER J (1994). La tendencia de la urbanización en sur América: Inferencias a partir de una base de datos del "World resources institute". Interciencia 19(2): 64-71.
- MOUGEOT (2001). Agropolis: the social, political, and environmental dimensions of urban agriculture. International development research centre, Ottawa,Canada.
- MAINARDI F (2001). El cultivo biológico de hortalizas y frutales. Editorial De Vecchi. Barcelona, España.
- NAVARRO R. (2002). Agricultura campesina tradicional y desarrollo sustentable, estudio de caso: Poxantla, San Luis de potosí. Tesis del instituto politécnico nacional, Mexico.

PACHECO A., POHALN H. A. J. (2005). Plantas aromáticas como cultivo intercalado, experiencias y efectos alelopáticos sobre el café (*Coffea arabica* L.). Memorias en extenso. Primer Congreso Internacional De Plantas Medicinales en Villahermosa, Tabasco, México, 2005, CDROM,207-216.

PEREZ F. J. & ORMEÑO N.J. (1991). Root exudates in wild oat: allelopathic effects on spring wheat. *Phytochemistry* 30 (7) 2199 – 2202

PEREZ F. J. (1990). Allelopathic effect of hydroxamic acids from cereals on *Avena fatua* and *A.sativa*. *Phytochemistry* 29, 773- 776

PEREZ F.J. & ORMEÑO-NUÑEZ J. (1991). Differences in hydroxamic acids contents in root and root exudates of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereal* L.): Possible role in allelopathy. *Journal of chemical ecology* 17: 1037 – 1043

PUTNAM A.R. & DUKE W. B. (1978). Allelopathy in agroecosystems. *Ann. Rev. Phytopatology* 16: 431 - 451

QUEZADA G & MENDEZ C (2005). Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Agronomía Mesoamericana* 16(2): 171-183.

RESTREPO C. (2013). Nuestros huertos, agricultura urbana. Fondo editorial del Jardín botánico de Medellín, Colombia.

RICE E.L. (1984): Allelopathy. Academic Press Orlando, 189 P, Florida, USA.

RODRIGUEZ H. (2002). Efectos alelopáticos de restos de diferentes especies de plantas medicinales sobre la albahaca (*Ocimum basilicum* L) en condiciones de laboratorio. *Rev Cubana Plan Med*;7(2):67-72.

THOREZ J. & LEFRANCOIS S. (2014) Plantas compañeras en el huerto ecológico, guía de cultivos asociados. La fertilidad de la tierra ediciones. 189p, Navarra, España.

TINOCO O. (2008). Una aplicación de la prueba de chi cuadrado con SPSS. *Industrial data* vol. 11 (1). Universidad nacional mayor de san Marcos, Lima, Perú.

VALLES JM. (2007). El huerto urbano: Manual de cultivo ecológico en balcones y terrazas. Ediciones del Serbal, España.

VIGO J (2006). Fertirriego en el cultivo de espárrago en Perú, "Fertirrigação: Teoria e Prática". A.E. Boaretto, R.L.Villas Boas, V.F. Sousa e I.R. Vidal. Universidad de Sao Paulo. Piracicaba, Sao Paulo, Brasil.

ZOPPOLO R, FAROPPA S, BELLENDIA B & GARCIA M (2008). Alimentos en la huerta: guía para producción y consumo saludable. INIA de Uruguay.