

AGROECOLOGÍA URBANA: DISEÑO DE GRANJAS URBANAS BIODIVERSAS, PRODUCTIVAS Y RESILIENTES.

Miguel A. Altieri
Clara I. Nicholls-Estrada



AGROECOLOGÍA URBANA: DISEÑO DE GRANJAS URBANAS BIODIVERSAS, PRODUCTIVAS Y RESILIENTES

Miguel A. Altieri
Clara I. Nicholls-Estrada



Celia Boletín Científico N°2, Medellín, 2019

Urban Agroecology: designing biodiverse, productive and resilient city farms

ABSTRACT

Urban agriculture (UA) has been bolstered as a major sustainable alternative to enhance food security on an urbanized planet. Although it has been estimated that UA can provide 15–20% of global food, it is questionable whether UA can significantly contribute the level of food self-sufficiency of cities, due to low yields reached in most existing urban farms. Agroecology can help enhance the productive potential of UA by providing key principles for the design of diversified, productive, and resilient urban farms. Herein we describe the principles and practices used in the redesign of urban agriculture featuring: (a) increasing soil quality via enhancement of soil organic matter content and biological activity that lead to protection against pathogens and efficient use of soil nutrients and water and (b) enhancement of plant health through biological control and plant productivity via optimal planning of crop sequences and combinations.

Key words: agroecology, urban agriculture, soil quality, biological control



Agroecología Urbana: Diseño de Granjas Urbanas Biodiversas, Productivas y Resilientes

RESUMEN

La agricultura urbana (AU) ha surgido como una importante alternativa sostenible para mejorar la seguridad alimentaria en un planeta urbanizado. Si bien se ha estimado que la AU puede proporcionar entre el 15 y el 20% de los alimentos a nivel mundial, se cuestiona si acaso la AU puede contribuir significativamente al nivel de autosuficiencia alimentaria de las ciudades, debido a los bajos rendimientos alcanzados en la mayoría de las granjas urbanas existentes. La agroecología puede ayudar a mejorar el potencial productivo de la AU al proporcionar principios claves para el diseño de granjas urbanas diversificadas, productivas y resilientes. Aquí describimos los principios y las prácticas utilizadas en el rediseño de la agricultura urbana enfatizando: (a) el aumento de la calidad del suelo a través de la mejora del contenido de materia orgánica y la actividad biológica que conduce a la protección contra patógenos y al uso eficiente de los nutrientes y el agua y (b) La optimización de la sanidad vegetal a través del control biológico, y de la productividad vegetal a través de la planificación óptima de secuencias y combinaciones de cultivos.

Palabras Claves: Agroecología, agricultura urbana, calidad del suelo, control biológico



Introducción

En el 2030, el 60% de la población mundial vivirá en ciudades, incluyendo el 56% de los pobres y el 20% de los desnutridos (de Bon et al., 2009). Hoy, en una ciudad con 10 millones de habitantes o más, se importan al rededor de 6,000 toneladas de alimento por día, las cuales viajan un promedio de 1600 kilómetros (de Zeeuw et al., 2011). Debido a factores como: fallas en la agricultura industrial, el cambio climático, el incremento en los costos de la energía y las presiones demográficas; en combinación con el incremento en el control corporativo de los sistemas alimentarios; se esperan alzas significativas en los precios o incluso la escasez de alimentos. (Holt Giménez, 2017).

En medio de este desalentador escenario, la agricultura urbana (AU) ha surgido como una importante alternativa sostenible para mejorar la seguridad alimentaria en un planeta urbanizado. La producción urbana de frutas frescas, verduras y algunos productos animales, cerca de los consumidores puede mejorar la seguridad alimentaria y la buena nutrición local especialmente en comunidades en situación de vulnerabilidad (Smit et al., 2001). La AU se ha difundido rápidamente. Entre 1950-2005 la AU se ha expendido en países en desarrollo a una tasa anual de 3.6% y en los Estados Unidos ha crecido más de 30% en los pasados 30 años (Siegnier et al., 2018). Aunque se ha estimado que la AU puede proveer entre el 15–20% de la alimentación global, una pregunta importante permanece: Que nivel de auto-suficiencia alimentaria pueden realmente obtener las ciudades a través de la AU? Una investigación que tuvo por objetivo calcular la posibilidad de

proveer 300 g/día de vegetales frescos por persona, encontró que 51 países carecen de suficiente área urbana para alcanzar la meta nutricional recomendada (Clinton et al., 2018). Además, la AU requeriría un 30% del área urbana total para satisfacer la demanda global de vegetales, un espacio difícilmente disponible por factores relacionados con la tenencia de la tierra y la expansión urbana (Martelozzo et al., 2014; Badami y Ramankutty, 2015). Otros estimados sugieren que la autosuficiencia alimentaria se podría lograr, pero esto dependerá del diseño y manejo de los sistemas agrícolas urbanos (por ejemplo; diseño de la granja, arreglos de los cultivos, prácticas productivas utilizadas, tamaño de las parcelas, etc.). Varios estudios estiman que la AU puede suplir entre el 30-100 % de las demandas de vegetales en varias ciudades (Siegnier et al., 2018).

La cuestión de cuánto del alimento producido en granjas urbanas realmente se consume por comunidades de bajos recursos económicos que están en situación de inseguridad alimentaria, va más allá de los alcances de la presente revisión. Nuestro enfoque es examinar el potencial productivo de la agricultura urbana cuando se diseña y maneja utilizando principios agroecológicos.

La mayoría de los y las agriculturas urbanas carecen de habilidades hortícolas ecológicas y no siempre optimizan la densidad y la diversidad de sus cultivos. Además, la mayoría sufren perdidas por plagas, obteniendo productividades bajas. Por estas razones es necesario modificar algunas prácticas culturales existentes con el objetivo de mejorar la calidad de suelo, y la salud y productividad de los cultivos. La agroecología puede ayudar a alcanzar el potencial productivo de la AU

proporcionando principios claves para el diseño de granjas urbanas diversificadas, productivas y resilientes. En el presente documento describimos tales principios y sus aplicaciones para realizar el potencial de la AU.

Magnitud y Significado de la Agricultura Urbana

El Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP) estima que cerca de 800 millones de habitantes urbanos están involucrados en la AU a nivel global, produciendo entre un 15 a 20% del alimento mundial (Smit *et al.*, 1996). En los 90s este número de personas alcanzó el 30% de la población urbana global, 200 millones de estas personas producían alimento para la venta.

En 1993, solo el 15% de la comida que se consumía en las ciudades a nivel mundial era cultivada en las ciudades. Sin embargo, en el 2005, esa proporción aumentó a un 30%. En otras palabras, la producción de alimentos a nivel urbano se ha duplicado en cerca de 15 años. Esta tendencia expansiva de la agricultura urbana continua aún hoy. En general, los estimados globales del espacio utilizado por la AU varían en un rango entre 1 - 7 millones de hectáreas o entre un 1.4%–11% del área urbana y la producción que se proyecta se estima entre 100- 180 millones de toneladas de alimentos por año (Clinton *et al.*, 2018).

Información proveniente de áreas urbanas alrededor del mundo, indica que una porción significativa del consumo local de productos vegetales y animales puede ser producida localmente. Estudios han reportado que la agricultura urbana proporciona el 90% de vegetales de hoja en Dar es Salaam,

Tanzania, y un 76% y 85% de vegetales en Shanghai y Beijing respectivamente. Ha sido bien documentado que muchas ciudades y pueblos Africanos producen cantidades de comida en granjas hortícolas, incluyendo también producción pecuaria como ganado vacuno y avícola (Zezza y Tasciotti, 2010) Por ejemplo, el 60% de la leche que se vende en Dar es Salaam, proviene de la AU. 68% del total de habitantes urbanos en ese país están involucrados en AU. Dakar, la ciudad capital de Senegal, produce el 60% del consumo nacional de vegetales y el 65% de la demanda de productos avícolas. En Hanoi, Vietnam, el 80% de las verduras frescas, el 50% de la carne de cerdo, de aves de corral y del pescado de agua dulce, así como el 40% de los huevos, proceden de zonas urbanas y periurbanas. El área urbana y periurbana de Shanghai produce el 60% de las verduras de la ciudad, el 100% de la leche, el 90% de los huevos y el 50% de la carne de cerdo y aves de corral (van Veenhuizen y Danso, 2007, de Bon *et al.*, 2009).

La AU ha sido crucial en tiempos de crisis. Durante la Segunda Guerra Mundial, los hogares de los Estados Unidos produjeron lo suficiente como para satisfacer el 40% de la demanda de verduras frescas de la nación durante el movimiento “Jardines de la Victoria”. En Sarajevo, Bosnia y Herzegovina, dos años después del inicio del bloqueo en 1992, se estimó que la autosuficiencia en la producción urbana de alimentos creció del 10% a más del 40% para hortalizas y especies menores de ganado (Brown y Jameton, 2000).

En la Habana, Cuba, durante el “período especial” justo después del colapso del bloque soviético, más de 26,000 huertas populares cubrieron 2,439 hectáreas,

produciendo 25,000 toneladas de alimentos cada año. Hoy en día, la AU y la agricultura periurbana producen alrededor del 50% de los productos frescos de la isla, cubriendo alrededor de 56,000 hectáreas. Allí, más de 39 mil toneladas de carne, 7 mil litros de leche de cabra y 216 millones de huevos se producen en más de 300,000 granjas y jardines urbanos. La AU genera alrededor de 300,000 empleos, de los cuales 66,055 (22%) son ocupados por mujeres y 78,312 (26%) por jóvenes (Funes y Vázquez, 2016).

En Rosario, Argentina, miles de familias pudieron alimentarse durante la crisis económica del país en el 2002, al cultivar sus propios alimentos. Más de 800 jardines comunitarios proliferaron en la ciudad, alimentando a unas 40,000 personas. Hoy Rosario tiene cinco grandes parques innovadores, que cubren un total de 72 hectáreas de tierra. La horticultura se practica en 24 hectáreas del área total de estos parques, donde más de 600 jardineros cultivan hortalizas para el mercado y el consumo doméstico. (<http://www.fao.org/sg/agp/greencities/en/gglac/rosario.html>).

Productividad de las Granjas Urbanas

Se han realizado evaluaciones del potencial de productividad de las granjas urbanas en muchas ciudades de los Estados Unidos. En el 2008, los 226 jardines comunitarios y huertos en lotes ocupados de forma ilegal en Filadelfia crecieron aproximadamente 2 millones de libras de vegetales y hierbas de verano con un valor de \$ 4.9 millones de dólares (Kremer y DeLiberty, 2011). Funcionando a toda máquina, la granja Added Value Farm que ocupa un poco más de una hectárea en Brooklyn, canaliza

20,000 kilos de frutas y verduras a Red Hook, un vecindario de bajos ingresos. En Camden, Nueva Jersey, una ciudad extremadamente pobre de 80,000 habitantes, los jardineros comunitarios en 44 sitios cosecharon casi 14,000 kg de vegetales, suficiente alimento durante la temporada de cultivo para alimentar a 508 personas con tres porciones al día. La vibrante comunidad agrícola y comercial de Detroit, en sus más de 1,300 huertas comunitarias produjeron en 2014 casi 181,000 kg de productos, lo suficiente para alimentar a más de 600 personas (<https://ensia.com/features/urban-agriculture-is-booming-but-what-does-it-really-yeild/>).

En uno de los pocos estudios que han estimado los rendimientos de los cultivos a nivel de finca, Grewal y Grewal, (2012), indican que la AU convencional tiene rendimientos bajos (1.20–1.35 kg m² por año) y, por lo tanto, tiene requerimientos mayores de tierra para satisfacer las necesidades alimentarias de la gente. Por su parte, la AU intensiva alcanzó niveles de 6.20 kg/m² por año y, por lo tanto, este tipo de agricultura tiene requerimientos menores de tierra. Los datos provienen de parcelas de 10m² y de una temporada de cultivo de 130 días. Este estudio demostró que la ciudad de Cleveland Ohio, con una población de 400,000 habitantes, tiene el potencial de satisfacer las necesidades de vegetales frescos del 100% de sus habitantes, el 50% de la demanda de aves de corral y huevos, y el 100% de miel (Grewal y Grewal, 2012).

La mayoría de los datos anteriores provienen de fincas urbanas que no necesariamente se manejan con métodos agroecológicos. Cuando se aplican estos métodos, el potencial de productividad puede aumentar considerablemente. Por

Foto 1. Organopónico intensivo en la Habana, Cuba.



ejemplo, el estudio de Cleveland muestra que bajo la jardinería urbana convencional, la ciudad podría alcanzar un 22% de autosuficiencia en productos frescos, pero más del 50% cuando se usan métodos de jardinería orgánica intensiva. En Cuba los “organopónicos” (huertos intensivos) de base agroecológica alcanzan en promedio 15-20 kg/m² por año (Funes y Vázquez, 2016). Durante la temporada 1984-1985 en el centro de Chile, Infante (1986) realizó la evaluación de un huerto de 11.05 m² que contenía 16 especies de cultivos organizadas en rotaciones complejas y mezclas, este huerto produjo un total de 177,4 kg por año o 16 kg m² por año (Tabla 1). El secreto del alto potencial de producción de los ejemplos de Cuba y Chile fue la aplicación de principios agroecológicos para guiar el cultivo intensivo de una diversidad de verduras, raíces, tubérculos y hierbas en

espacios relativamente pequeños.

Siguiendo algunos de los diseños y prácticas utilizados en Cuba y Chile, se estableció un huerto diversificado de 100 m² en Berkeley, California (Altieri, datos no publicados). El jardín contenía un total de 492 plantas pertenecientes a 10 especies de cultivos, sembradas en un diseño de policultivo mixto. La producción total alcanzó un rendimiento de 2,7 kg de biomasa verde comestible por m² (un total de 270 kg en toda la parcela) en un período de tres meses (Tabla 2), cerca del nivel deseado de 10 kg/m² por año.

Principios Agroecológicos Para el Diseño de Granjas Urbanas

La agroecología se ha aplicado por décadas

Tabla 1. Productividad obtenida en un jardín urbano de 11,05 m² con 16 especies de cultivos en el centro de Chile (Infante, 1986).

Cultivo	Productividad (kg/m ²)	% Contribución total a la productividad
Tomate	79,4	44,75
Acelgas	53,9	30,38
Habas	12,9	7,27
Cebolla	9,7	5,47
Repollo	3,8	2,14
Lechuga (verano)	2,9	1,63
Brócoli	2,5	1,41
Cilantro	2,4	1,35
Remolacha	2,4	1,35
Espinaa	2,3	1,30
Rábano (invierno)	1,4	0,79
Zanahoria	1,2	0,62
Rábano (verano)	1,1	0,62
Lechuga (invierno)	0,7	0,39
Arbejas	0,4	0,23
Col de Bruselas	0,4	0,23
Producción Total	177,4 kg	100%

para mejorar la agricultura a pequeña escala en América Latina (Altieri, 1995). Los mismos principios agroecológicos bien establecidos aplicados en áreas rurales para el diseño y manejo de fincas diversificadas donde los insumos externos son reemplazados por procesos naturales pueden aplicarse a fincas urbanas. Los principios agroecológicos (Tabla 3) se aplican a través de diversas prácticas que conducen a un reciclaje óptimo de los nutrientes y la incorporación de materia orgánica para la fertilidad del suelo, flujos de energía cerrados, conservación del agua y del suelo y una mejor regulación

de plagas, todos procesos clave necesarios para mantener la productividad de la UA.

Los sistemas agroecológicos no son intensivos en el uso de capital, de mano de obra o de insumos químicos, al mejorar la eficiencia de los procesos biológicos, como la fotosíntesis, la fijación de nitrógeno, la solubilización del fósforo del suelo y el aumento de la actividad biológica por encima y por debajo del suelo. Las “entradas” al sistema son procesos naturales en sí; esta es la razón por la que la agroecología se conoce como una “agricultura de procesos” (Gliessman, 1998).

Tabla 2. Producción de biomasa y de nutrientes en un jardín urbano de 100 m² en Berkeley, California (Altieri, datos no publicados)

Cultivo	# de platas/ cultivo	Masa comes- tible/ planta (g)	Biomasa comes- tible/m ² (g)	Redimien- to de biomasa comes- tible (kg/ ha)	Calo- rias/ m ² (g)	Vit. A/ m ² (g)	Vit. C/m ² (g)	Proteína/ m ² (g)	Proteí- na/ha (kg/ ha)
Arúgula	83	406	2030	20300	508	15663	305	52	524
Col China (Bokchoy)	46	966	4828	48283	628	64714	2173	72	724
Acelgas	102	504	2519	25192	479	46222	756	45	453
Lechuga Verde	68	425	2125	21250	319	47207	196	29	289
Lechuga Roja	32	225	1125	11250	180	25286	42	15	150
Mizuna	65	1152	5762	57617	864	127995	530	78	784
Espinaca	15	186	932	9317	214	20939	262	27	266
Col Rizada (kale)	45	353	1767	17667	866	53000	2120	57	565
Col China (Pak-choi)	36	217	1087	10867	217	54333	391	13	130
TOTAL	492	4435	2714	27137	4275	455360	6773	389	3886

Tabla 3. Principios agroecológicos para el diseño de granjas urbanas biodiversas y productivas.

Mejorar el reciclaje de biomasa, optimizando la descomposición de la materia orgánica y los ciclos de nutrientes.
Mejorar la biodiversidad funcional: enemigos naturales, antagonistas, biota del suelo, etc., creando hábitats apropiados.
Proporcionar condiciones favorables del suelo para el crecimiento de las plantas, mediante el manejo de la materia orgánica y la estimulación de la actividad biológica del suelo.
Minimizar las pérdidas de energía, agua, nutrientes y recursos genéticos a través de la conservación de los recursos de suelo, agua y la agrobiodiversidad
Diversificar especies y recursos genéticos a nivel de la finca y del paisaje
Mejorar las interacciones biológicas beneficiosas entre los componentes de la agrobiodiversidad para promover procesos ecológicos claves

La integridad de una granja urbana bien diseñada depende de las sinergias entre la diversidad de plantas, insectos benéficos y un suelo rico en biota y materia orgánica. Dichas granjas generalmente exhiben menores poblaciones de plagas debido a la abundancia de enemigos naturales y otros mecanismos, así como suelos con alto contenido de materia orgánica y biológicamente activos que promuevan una buena fertilidad del suelo y la prevención de infecciones por patógenos mediante antagonismos (Altieri y Nicholls, 2004). La integración de las prácticas de manejo del suelo, el agua y las plagas constituye una vía sólida para optimizar la calidad del suelo, la salud de las plantas y la producción de cultivos en las granjas urbanas.

Los Pilares de las Granjas Agroecológicas Urbanas

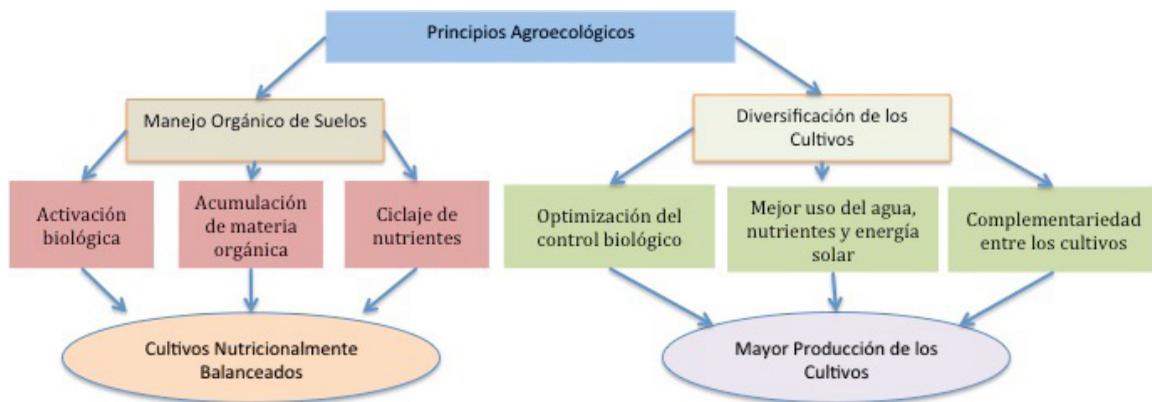
El rediseño de la agricultura urbana surge de la aplicación de principios agroecológicos (Nicholls et al., 2016) que llevan a: (a) aumentar la calidad del suelo a través del aumento del contenido de materia orgánica del suelo y la actividad biológica que conduce a la protección contra patógenos y al uso eficiente de nutrientes del suelo y del agua y (b) mejora de la salud y la productividad de las plantas a través de la planificación óptima de las secuencias y combinaciones de cultivos (Figura 1).

Mejoramiento la calidad del suelo

Adición de materia orgánica.

La materia orgánica y su reposición es un componente importante de la gestión de la salud del suelo. La agroecología

Figura 1. Los dos pilares agroecológicos para el diseño de granjas urbanas diversificadas y productivas, con suelos enriquecidos orgánicamente.



promueve una serie de prácticas de manejo que mejoran la salud del suelo, tales como: rotación compleja de cultivos, cultivos de cobertura, aplicaciones de composta y enmiendas orgánicas. Estas prácticas de manejo, aumentan la cantidad de materia orgánica de alta calidad en el suelo, disminuyen las pérdidas de carbono, mantienen la cobertura del suelo, disminuyen la perturbación del suelo, e influyen en diversas actividades biológicas importantes. Las propiedades mejoradas del suelo que resultan de tales prácticas conlleva a beneficios como: mayor disponibilidad de agua, menor compactación, mayor disponibilidad de nutrientes y la producción de sustancias que promueven el crecimiento de plantas sanas y productivas (Magdoff y Van Es, 2000).

Después de una o dos temporadas de aplicación de prácticas agroecológicas, los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, pH, materia orgánica y algunos micronutrientes generalmente aumentan. La biomasa y la abundancia de lombrices de tierra también aumentan, lo que a su vez mejora la estructura del suelo, y promueve el aumento

de otros microorganismos benéficos que descomponen los residuos orgánicos y mineralizan los nutrientes (Cheeke et al; 2012). Los hongos micorrízicos y algunos antagonistas que inhiben enfermedades del suelo también aumentan con el tiempo. Debido a la mejora de los parámetros químicos y biológicos del suelo, la mayoría de los cultivos que crecen en suelos que se enmiendan con composta tienen una respuesta de rendimiento positiva (Abbot et al., 1995). La **Tabla 4** muestra cómo los rendimientos de tomates en una granja urbana en Berkeley, California, varían según los tratamientos de fertilización orgánica aplicados. La composta y la emulsión de pescado tuvieron los mayores efectos en la producción en los experimentos realizados (Altieri, datos no publicados).

Uno de los desafíos principales para los agricultores urbanos es acceder al estiércol animal como fuente de nitrógeno, ya que la escasez de N disponible puede reducir los rendimientos de los cultivos. Muchas ciudades no permiten la cría de animales, lo que limita aún más la disponibilidad de estiércol. Como alternativa, muchos agricultores siembran abonos verdes

Tabla 4. Rendimientos de tomates (variedad Principe Borghese) bajo regímenes diferentes de fertilización orgánica (cada tratamiento = N equivalente a 50 kg / ha) en granjas urbanas en Berkeley, California (Altieri, datos no publicados)

Tratamiento	# de frutos por planta	Promedio del peso de la fruta (kg)	Rendimiento/Planta (Kg)
Sin fertilización	10	0,016	0,16
Composta	34	0,021	0,73
Emulsión de pescado	40	0,018	0,70
Composta enriquecida con micorrizas	27	0,019	0,54

como habas, arveja y otras legumbres del género *Vicia*, o una mezcla de estos (a veces agregando 20% de centeno o cebada) en otoño e invierno. Esto constituye una estrategia barata para aumentar el suministro de N a los cultivos. Además, los cultivos de cobertura pueden prestar otros servicios al mismo tiempo como: la supresión de malezas, de plagas y de enfermedades transmitidas por el suelo; la protección del suelo evitando la erosión por escorrentía; el mejoramiento de la estabilidad de los agregados del suelo; la adición de materia orgánica activa y la bio-disponibilización de nutrientes (Clark, 2007).

En California, un abono verde vigoroso (por ejemplo, habas o vicia o mezclas de estas) que crece de cuatro a seis meses antes de la incorporación a principios de primavera, generalmente agrega entre 112 y 224 kg N/ha al suelo para el siguiente cultivo. Los rendimientos de la mayoría de los cultivos de hortalizas aumentan a medida que aumentan las tasas de Nitrógeno. La relación C/N de los materiales incorporados debe ser igual o inferior a 20:1 para asegurar una mineralización neta a corto plazo y evitar el “hambre” de Nitrógeno. Las especies de cultivos de cobertura varían en contenido de N y en la tasa de mineralización después de la incorporación. Los cultivos de cobertura leguminosos se descomponen y liberan N más rápidamente que las cubiertas de pasto o cereales, e incluso los cultivos de cobertura más eficientes que suministran N no liberan N apreciable a un cultivo posterior más allá de 6 a 8 semanas desde la incorporación. Esta disponibilidad temprana de Nitrógeno puede no sincronizarse con los requisitos de Nitrógeno de cultivos de hortalizas, por lo que en ocasiones los agricultores urbanos deben agregar fuentes adicionales de este

nutriente (Gaskell y Smith 2007).

Muchos agricultores urbanos se han visto afectados por la contaminación causada por usos previos del suelo. Investigaciones en ciudades de los EE. UU. han encontrado concentraciones de plomo en el suelo por encima de 400 mg/kg en muchos jardines urbanos. Enmiendas orgánicas generadas en la finca como abono animal, composta y abonos verdes tienen cierto valor para una remediación leve debido a la dilución y estabilización de potenciales agentes contaminantes. El aumento de la materia orgánica del suelo es un método importante en el mejoramiento de la AU, ya que ayuda a retener los nutrientes del suelo, a inmovilizar contaminantes y a estabilizar el pH. El aumento de la materia orgánica también ayuda a incrementar la abundancia de comunidades microbianas, muy importantes en la degradación de potenciales contaminantes (De Klimpe y Morel 2000).

Foto 2. Mezcla de cultivos de cobertura de leguminosas (vicia, arvejas, habas) y un 10% de cebada.



Conservación y uso eficiente del agua.

En caso de escasez de agua o disminución de la calidad de las fuentes de agua disponibles, los productores urbanos pueden acceder a fuentes como aguas residuales, aguas grises o agua de lluvia recolectada, y aplicar dicha agua a través métodos de riego eficientes. En áreas con escasez de agua, la productividad de los huertos debe medirse por unidad de agua (peso o volumen), con el objetivo de que los sistemas de riego alcancen valores de eficiencia > 60% (Barthel e Isendhal, 2013).

En las regiones donde se practica agricultura de secano, la mejora de la captura de agua de lluvia, la selección de variedades tolerantes a la sequía, los sistemas alternativos de labranza y la cobertura del suelo son fundamentales para asegurar buenas cosechas. La adición de enmiendas orgánicas al suelo es vital ya que muchos estudios demuestran que el aumento de materia orgánica mejora la retención de agua. Dependiendo del tipo de suelo, se estima que por cada 1% de aumento en materia orgánica, el suelo almacena 1.5 l/m². En otras palabras, un aumento del 1% en el contenido de materia orgánica del suelo puede retener hasta 178,000 l/ha de agua (Hudson, 1994).

Los suelos orgánicos generalmente contienen hongos micorrízicos arbusculares (VAM), que son de particular importancia en condiciones de estrés hídrico, ya que la colonización de VAM aumenta la eficiencia del uso del agua (Auge, 2001). Se evaluó el efecto de la colonización de micorrizas arbusculares (AM) *Glomus clarum* sobre el rendimiento de la producción de fruta y la eficiencia del uso del agua en sandía,

bajo diversos regímenes de riego. Las plantas inoculadas con micorrizas tuvieron una biomasa y un rendimiento de frutos significativamente mayores en comparación con las plantas no inoculadas, tanto si las plantas estaban bajo estrés hídrico ó no (Kaya et al., 2003).

Una estrategia clave durante períodos de sequía (hasta 10 días sin lluvia), es utilizar cobertura con paja seca o pasto verde, ya que esto puede reducir significativamente la evaporación en la superficie del suelo. Una capa de cobertura muerta o mulch, puede retardar la pérdida de humedad, facilitando mantener una mayor cantidad de humedad uniforme en el suelo, lo que contribuye a reducir la frecuencia de riego. Investigaciones en cultivos de hortalizas, encontraron un mayor contenido de humedad en la capa de 0 a 60 cm del suelo en las parcelas cubiertas con cobertura muerta al compararlas con parcelas sin cobertura. Esta diferencia de humedad osciló entre el 10% uno o dos días después de la lluvia, hasta más del 22% durante un período de 2 semanas sin lluvia, lo que indica que la evaporación fue alta en las parcelas sin cobertura muerta (Hanada, 1991). El mayor perfil de humedad del suelo bajo la cobertura muerta tiene implicaciones importantes en la utilización del agua por el cultivo y en las reacciones del suelo que controlan la disponibilidad de nutrientes y la fijación biológica de nitrógeno (Daisley et al., 1988). Claramente, la práctica de incorporar coberturas muertas al suelo proporciona muchos beneficios a la producción de cultivos a través de la conservación del suelo y el agua, el mejoramiento de la actividad biológica, y de las propiedades químicas y físicas del suelo.

Foto 3. Mulch de paja de arroz en una huerta urbana en Japón.



Diversificación de cultivos

La diversificación de cultivos en el tiempo y en el espacio es un principio agroecológico clave que puede aplicarse en las granjas urbanas. Un sistema de cultivo se vuelve más complejo a medida que se incluye un número mayor de diferentes tipos de especies. El aumento en la complejidad del agroecosistema favorece más interacciones entre artrópodos, microorganismos, y demás componentes de las redes tróficas sobre y bajo el suelo. La implementación de sistemas agroforestales que combinan plantas en policultivos intercalados, cultivos anuales y árboles y de sistemas silvopastoriles que incluyen animales y árboles, utilizando leguminosas como cultivos de cobertura o en rotaciones; aumenta la diversidad del sistema y a medida que aumenta la diversidad, también aumentan las oportunidades para la coexistencia y la interferencia beneficiosa entre las especies, lo que pueden mejorar la

sostenibilidad del agroecosistema (Nicholls et al., 2016).

Diversidad temporal: rotaciones de cultivos.

La rotación de cultivos es la práctica de sembrar una secuencia de diferentes grupos de cultivos (leguminosas, cultivos de raíces, cultivos de frutas y cultivos de hojas) en la misma área durante muchas temporadas. Al dividir la huerta en 4 parcelas (cada una sembrada con cada grupo de cultivos), cada temporada los grupos se mueven a la siguiente parcela en el sentido de las manecillas del reloj. La rotación de las familias de plantas reduce la probabilidad de enfermedades transmitidas por el suelo y también el daño por insectos del suelo específicos para ciertos grupos de cultivo. Las reglas básicas de una buena rotación incluyen alternar leguminosas y no leguminosas, nunca plantar cultivos

de la misma familia consecutivamente, y alternar cultivos con raíces profundas y poco profundas. Como se mencionó anteriormente, el uso de leguminosas en la rotación aumenta el nitrógeno disponible en el suelo, incluso después de su cosecha, para cultivos futuros, lo que reduce la necesidad de insumos externos de nitrógeno (Fageria et al., 2005).

Muchos investigadores y agricultores saben que la rotación de familias de plantas reduce las enfermedades transmitidas por el suelo y los insectos que habitan en el suelo que son específicos de ciertas familias de cultivos. Por ejemplo, Maloy y Burkholder (1959) informaron que el cultivo de frijoles después de trigo redujo la severidad de la pudrición de la raíz y aumentó el rendimiento. También concluyeron que se necesitaba un mínimo de 3 años de rotación con trigo en campos con un historial de severa incidencia de podredumbre de la raíz. Varios cultivos de cobertura y abonos verdes utilizados en los esquemas de rotación también pueden ser eficaces para controlar las poblaciones e infecciones de nematodos. El pasto Sudán se ha descrito como un abono verde eficaz para reducir la reproducción del nematodo *Meloidogyne hapla* y, por lo tanto, su daño a las plantas de lechuga (Abawi y Widmer, 2000).

Cultivos Intercalados

La implementación de cultivos intercalados involucra mezclar cultivos anuales en la misma parcela al mismo tiempo, lo que resulta en mayor diversidad de cultivos, incrementando así la materia orgánica, la cobertura del suelo, la capacidad de retención de agua y las condiciones microclimáticas que favorecen la producción. La diversidad

de cultivos también aumenta la resiliencia a la variabilidad climática y favorece a los artrópodos y microorganismos involucrados en la mejora de los ciclo de nutrientes, la fertilidad del suelo y la regulación de plagas (Francis, 1986).

Una combinación sinérgica de cultivos incluye cultivos altos y bajos, plantas que utilizan recursos en diferentes momentos, y plantas de raíces superficiales y profundas que explotan diferentes horizontes del suelo. Ejemplos de buenas combinaciones incluyen: legumbres con cereales; tomates y albahaca o frijoles; lechuga o hojas verdes tiernas para ensaladas como arúgula, espinaca o mizuna entre hileras de puerro o ajo; y arúgula debajo de col rizada. Las mezclas de cultivos buenas conducen a una mayor productividad, en parte debido al proceso de facilitación, cuando un cultivo modifica el medio ambiente de manera que beneficia a un segundo cultivo, por ejemplo, reduciendo la población de una plaga o liberando nutrientes que pueden ser absorbidos por el segundo cultivo.

Foto 4. Cultivos intercalados en una huerta intensiva en Colombia.



Sobreproducción

Una combinación de dos especies contrastantes conduce a una mayor productividad general porque la mezcla puede usar los recursos (nutrientes, agua y luz solar) de manera más eficiente que los monocultivos separados. La mayor producción de cultivos intercalados se mide utilizando la Relación de Equivalencia de Tierra o LER por sus siglas en Inglés (Francis 1986). Cuando el valor es mayor que 1, los policultivos superan en rendimiento al monocultivo (es decir, un LER de 1.5 significa que un monocultivo requiere un 50% más de tierra para obtener el mismo rendimiento del policultivo). En nuestros experimentos en Berkeley, obtuvimos valores de LER > 1.5 en combinaciones de lechuga, mizuna, col rizada, arúgula y otros (Tabla 5).

Foto 5. Policultivo de 5 especies de hortalizas en Berkeley, California.



Un estudio que incluyó diferentes combinaciones de maní, sandía, oca, frijol caupí y pimentones sembrados solos o en varias combinaciones de cultivos intercalados revelaron valores positivos de LER. Combinaciones en la misma hilera con maní, sandía y oca, y maní, sandía, oca y frijol caupí consistentemente tuvieron mejores producciones por dos años consecutivos con valores de LER entre 1,17 a 1,25. Los cultivos intercalados tuvieron mejores rendimientos en casi todos los casos comparados con el monocultivo. Además, los sistemas de cultivo intercalado utilizaron el nitrógeno del suelo de manera más eficiente y lo devolvieron parcialmente a través de la descomposición de biomasa, lo que indica una mayor eficiencia en el uso de los recursos en los sistemas diversificados (Ouma y Geruto, 2010).

Zhang y Li (2003) propusieron un “principio de producción competencia-recuperación” basado en varios años de estudios sobre el cultivo de especies de temporada corta/temporada larga. Este principio sugiere que la interacción interespecífica aumenta el crecimiento, la absorción de nutrientes y el rendimiento de las especies dominantes, pero disminuye el crecimiento y la absorción de nutrientes de las especies subordinadas durante la etapa de coexistencia. Después de que se cosecha la especie dominante, la especie subordinada tiene un proceso de recuperación o complementario, por lo que los rendimientos finales aumentan en comparación con el monocultivo de la especie correspondiente.

Tabla 5. Rendimientos (kg/planta) y valores LER de varias combinaciones de cultivos de hortalizas en una granja urbana en Berkeley, California (Altieri, datos no publicados)

Especie cultivada	Monocultivo	Policultivo
Mizuna	0,599	0,603
Arúgula	0,410	0,334
LER		1,84
Col Rizada	1,11	0,522
Arúgula	0,41	0,243
LER		1,06
Lechuga verde	0,501	0,31
Col Rizada	1,11	1,46
LER		1,92
Mizuna	0,599	0,96
Lechuga verde	0,501	0,85
LER		3,20
Mizuna	0,599	0,85
Arúgula	0,401	0,27
LER		2,00

Regulación de insectos plaga en granjas urbanas diversificadas.

La literatura sugiere que la diversificación en granjas urbanas puede lograr resultados positivos en el manejo de plagas, incluida la abundancia de enemigos naturales, la reducción de insectos plagas y la disminución de daño en los cultivos. Muchos estudios realizados en cultivos de brásicas (coles, brócoli, coles de Bruselas, etc.) han mostrado cuatro tendencias principales: (a) es más probable encontrar a los áfidos y los escarabajos alticini (*Chrysomelidae*) en plantas hospederas en monocultivo que en cultivos de brásicas asociados con otras especies de plantas;

(b) las plagas inmigran a los sistemas de policultivo a tasas significativamente más bajas que a los sistemas de monocultivo; (c) si los cultivos principales están intercalados con cultivos trampa, estas plantas pueden desviar a las plagas de los cultivos principales, por lo que la alimentación de insectos se concentra en el cultivo trampa, en lugar de hacerlo los cultivos plantados y (d) los enemigos naturales se favorecen en huertos diversificados, aumentando así su capacidad depredadora sobre las poblaciones de herbívoros (Altieri y Nicholls, 2004).

Estudios realizados en California revelaron que el número de escarabajos alticini era significativamente menor en brásicas

asociadas con mostaza silvestre, *Brassica campestris*, que en monocultivos (Altieri y Gliessman, 1983). Los escarabajos alticini prefirieron esta planta en lugar de las brásicas cultivadas, disminuyendo así el daño causado (Tabla 6). Los autores argumentaron que las mostazas silvestres tienen mayores concentraciones de un poderoso glucosinolato que atrae a los adultos del escarabajo alticini que las brásicas cultivadas. La preferencia de los escarabajos alticini por la mostaza silvestre simplemente refleja grados diferentes de atracción hacia el follaje de la planta silvestre y cultivadas que presentan diferentes niveles del glucosinolato. La Figura 2 ilustra esta preferencia en el campo al mostrar que las densidades poblacionales de escarabajos alticini en brásicas en monocultivos son mayores que en brásicas intercaladas con mostazas silvestres y tipos de cebada que no son hospederas del alticini (Altieri y Schmidt, 1986). Aunque la cebada puede tener un efecto perturbador

en la colonización del escarabajo alticini, el efecto del cultivo trampa de mostazas silvestres en la abundancia de escarabajos fue mayor.

En un experimento en una huerta urbana en Albany, California, durante el verano y el otoño de 2004, se monitorearon las poblaciones de insectos y los parámetros de rendimiento en sistemas de monocultivo y policultivo de brócoli con o sin competencia con *Brassica spp.* (mostaza), o *Fagopyrum esculentum* (trigo sarraceno), fertilizados con compost y/o enmienda sintética. El cultivo intercalado redujo significativamente la presión por plagas solo en verano y se encontró que la mostaza era mejor que el trigo sarraceno en el control de los áfidos, probablemente debido a que la mostaza puede servir como cultivo trampa (Figura 3). Se observó un efecto positivo sobre los enemigos naturales en el cultivo intercalado durante el verano, cuando la proximidad de las flores contribuyó

Tabla 6. Escarabajos alticini (*Phyllotreta cruciferae*) en varios sistemas de cultivo de coles en Santa Cruz, California (Altieri y Gliessman 1983).

No. de escarabajos alticini			
Sistema de cultivo	Por 10 plantas de coles*	Por 5 malezas**	Daño de alticini en hojas de coles***
Monocultivo de coles (brásicas) Libre de malezas toda la temporada Enmalezado toda la temporada	34.0a 6.6b	<u>25.0</u>	% 54.4a 29.9b
Policultivo Coles/fríjoles Libre de malezas toda la temporada Enmalezado toda la temporada	2.3c 0.6c	<u>15.0</u>	34.1b 32.1b
* Las medias seguidas por la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes (P = 0.05). (todas las medias son promedios de tres fechas de muestreo). **Especies de malezas de <i>Brassica spp.</i> ***Porcentaje de hojas en cada planta de col con daño por insectos.			

Figura 2. Tendencias poblacionales de *Phyllotreta cruciferae* en monocultivos de coles y en policultivos de coles mezcladas con una planta hospedera (mostaza silvestre) y una planta no hospedera (cebada) (Altieri y Schmidt, 1986).

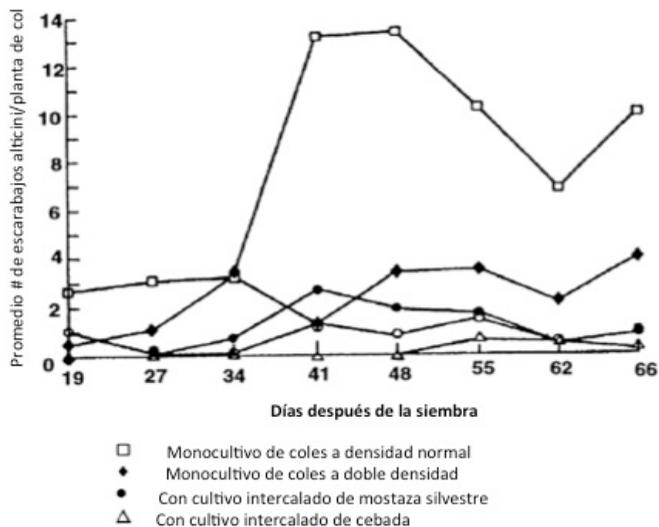
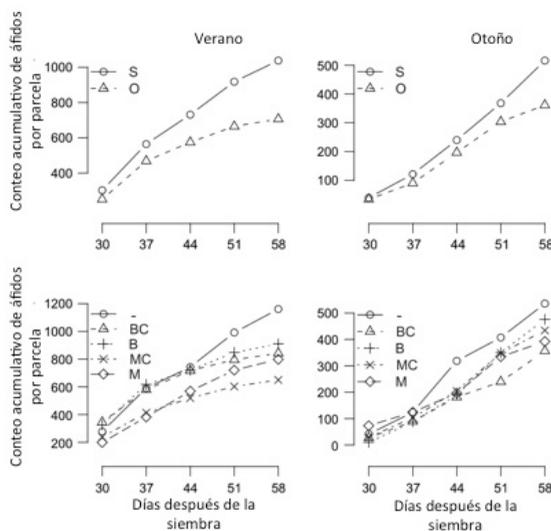


Figura 3. Recuentos acumulados de áfidos en cinco plantas de brócoli por parcela en las diferentes fechas de muestreo según la influencia de los niveles del sistema de cultivo (-, monocultivo; B, policultivo de trigo sarraceno sin competencia; BC, policultivo de trigo sarraceno con competencia; M, policultivo de mostaza sin competencia; MC, policultivo de mostaza con competencia) y por niveles de fertilizante (S, fertilizante sintético; O, abono orgánico-composta) en dos experimentos (verano y otoño) en Albany, California, en 2004 (Ponti et al. 2007).



significativamente a aumentar las tasas de parasitismo de áfidos en el brócoli. El brócoli fertilizado sintéticamente produjo más biomasa, pero también tuvo un mayor número de plagas. Se sabe que la composta libera nitrógeno mineral en el suelo a un ritmo más lento que el fertilizante sintético y esto se ha relacionado con un menor contenido de nitrógeno foliar, lo que hace que haya una menor incidencia de plagas. Sin embargo, a pesar de tener menores densidades de áfidos, el brócoli fertilizado con composta tuvo consistentemente tasas de parasitismo más altas que las plantas fertilizadas sintéticamente (Tabla 7).

En resumen, el cultivo intercalado y la adición de composta disminuyeron la abundancia de plagas en el brócoli, independientemente de la competencia interespecífica entre las plantas intercaladas. Además, dependiendo de la especie intercalada y la estación de crecimiento (verano vs. otoño), los cultivos intercalados aumentaron los enemigos naturales de los áfidos en el brócoli. La efectividad estacional de los enemigos naturales de áfidos se incrementó con la adición de composta a pesar de que hubo menor abundancia de áfidos en el brócoli fertilizado con composta (Ponti et al 2007).

Un estudio de 25 huertas comunitarias en la costa central de California realizado

entre junio y agosto por Egerer et al., (2018), encontró que en junio, la densidad del áfidos aumentó con el volumen de las plantas hospederas, pero disminuyó a mayor densidad floral; mientras que el parasitismo solo fue influenciado por la densidad de los áfidos.

En agosto, el volumen de las plantas hospederas afectó positivamente la densidad de los áfidos y la densidad de las plantas hospederas tuvo a su vez un efecto negativo sobre las tasas de parasitismo. Los autores sugirieron que los agricultores urbanos podrían reducir las densidades de áfidos al aumentar la densidad de los recursos florales y distribuir estratégicamente las plantas hospedadoras a lo largo de las camas de las huertas. Una estrategia comúnmente recomendada para incrementar el control biológico de plagas es plantar bordes o franjas de flores como trigo sarraceno, aliso dulce, cilantro, zanahoria silvestre, facelia e hinojo, temprano en la temporada de plantación; y así las avispas parasíticas aumentarán a medida que las flores les proporcionan polen y néctar. Una mayor diversidad y abundancia de enemigos naturales al principio de la temporada suele ser útil para prevenir los brotes y daños por insectos plaga (Mata et al., 2017; Altieri y Nicholls, 2005)

Tabla 7. Parasitismo estacional de áfidos en repollo (+ SE) por *Diaeretiella rapae* durante experimentos con diferentes tipos de fertilizantes en verano y otoño, en Albany, California (Ponti et al., 2007)

Tipo de fertilizante	% de Parasitismo	
	Verano ^a	Otoño ^b
Sintético	4.2+ 0.4	0.5+ 0.1
Orgánico	8.3 + 1.3	2.5 + 1.4
^a P = 0.004 Fertilizante sintético vs. orgánico (F _{1,20} = 9.97) ^b P = 0.03 Fertilizante sintético vs. orgánico (F _{1,20} = 5.14)		

Foto 6. Borde de flores de trigo serraceno para proveer polen y néctar a enemigos naturales.



Conclusiones

Ejemplos de granjas urbanas en todo el mundo sugieren que la autosuficiencia en términos de hortalizas podría potencialmente lograrse a nivel de comunidad o de ciudad si estas granjas urbanas se rediseñaran y gestionaran utilizando principios agroecológicos. Huertas urbanas bien diseñadas tienen el potencial de ser hasta 15 veces más productivas que fincas rurales. En Cuba, un área de solo un metro cuadrado puede proporcionar 20 kg de alimentos al año (200 tomates (30 kg) por año, 36 cabezas de lechuga cada 60 días, 10 repollos cada 90 días y 100 cebollas cada 120 días). Si consideramos que la necesidad de consumo promedio de hortalizas de una persona es de aproximadamente 72 kg año por año, una cama de 10 m² de una huerta manejada

intensivamente puede producir hasta 200 kg de hortalizas por año, lo que podría proporcionar aproximadamente el 55% de las necesidades anuales de hortalizas de una familia de cinco personas.

Una AU productiva también requiere que los ciudadanos tengan acceso a fuentes de biomasa verde y/o estiércol como fuentes de nutrientes. Algunas ciudades recolectan semanalmente los residuos vegetales y restos de alimentos de las residencias. En 2010, la ciudad de Berkeley, California, recolectó 13,650 toneladas de residuos orgánicos en residencias y 6,500 de clientes comerciales. Este material fue procesado por una empresa privada de compostaje, que al final de cada mes, entre febrero y octubre, puso a disposición de los residentes de Berkeley entre 61 y 92 m³ de composta.

Los diseños agroecológicos se caracterizan por exhibir una diversidad de cultivos bien planificada, complementada con el manejo orgánico del suelo, estrategia agroecológica eficaz para mejorar los ciclos de los nutrientes y la fertilidad del suelo. También este manejo limita las pérdidas de nutrientes y agua, reducen los impactos de plagas, enfermedades y malezas y mejoran la productividad general y la resiliencia del sistema de cultivo (Nicholls et al., 2016). Pero la diversificación de las granjas urbanas *per se* no significa necesariamente que estén siendo manejadas de manera agroecológica, a menos que los cultivos elegidos interactúen y se complementen biológicamente. Muchas granjas urbanas se diversifican en respuesta a las necesidades de seguridad alimentaria o a las demandas del mercado. Dichas granjas no alcanzan todo su potencial, ya que los

cultivos no interactúan entre sí de forma sinérgica, y a menudo requieren insumos orgánicos o convencionales externos como fertilizantes o pesticidas. La clave es que los investigadores y agricultores urbanos encuentren las combinaciones correctas de cultivos que se complementen entre sí para lograr mayores rendimientos y así contribuir sustancialmente a aumentar la seguridad alimentaria local. Además, una AU biodiversa ofrece un potencial para mejorar problemas ambientales urbanos al aumentar la cobertura vegetal, proporcionando así una serie de servicios ecológicos como la conservación de biodiversidad de plantas e insectos, absorción de CO² y aumento de la resiliencia a la variabilidad climática (Faeth et al., 2011).



Bibliografía

- Abawi, G.S and Widmer T.L. 2000. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology* 15, 37-47.
- Abbott, L.K., Robson, A.D., Scheltema, M.A. 1995. Managing soils to enhance mycorrhizal benefits in Mediterranean agriculture. *Crit. Rev. Biotechnol* 15,213-228
- Altieri, M. A.. and Gliessman, S.R. 1983. Effects of plant diversity on the density and herbivory of the flea beetle *Phyllotreta cruciferae* in California collard cropping systems'. *Crop Protection* 2(4), 497501
- Altieri, M. A. and Schmidt, L.L. 1986. Population trends, distribution patterns and feeding preferences of flea beetles (*Phyllotreta cruciferae* Goeze) in collardwild mustard mixtures: underlying mechanisms. *Crop Protection* 5(3), 170175.
- Altieri M. A. 1995. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Westview Press, Boulder, p. 411.
- Altieri, M. A. and Nicholls, C.I. (2004). *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. The Harworth Press, Binghamton, New York, USA, p. 248.
- Altieri, M. A. & Nicholls, C.I. 2005. *Manage Insects on Your Farm: A Guide to Ecological Strategies*. Sustainable Agriculture Research and Education Handbook Series 7. College Park, MD.
- Auge, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11, 3-42.
- Badami, M. G. and Ramankutty, N. 2015. Urban agriculture and food security: A critique based on an assessment of urban land constraints. *Global Food Security*, 4, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2014.10.003>
- Barthel, S. & Isendahl, C. 2013. Urban gardens, Agriculture, and water management: Sources of resilience for long-term food security in cities. *Ecological Economics*. 86. 224-234. 10.1016/j.ecolecon.2012.06.018.
- Brown, K. H., and Jameton, A. L. 2000. Public Health Implications of Urban Agriculture. *Journal of Public Health Policy*, 21(1), 20-39.
- Clark, A. 2007. Managing cover crops profitably. *Sustainable Agriculture Network Handbook series 9*. Beltsville, MD.

- Clinton, N., Stuhlmacher, M., Miles A., Uludere Aragon. N., Wagner, M., Georgescu, M., Cherwig, C., Gong, P., and Clinton. 2018. A Global Geospatial Ecosystem Services Estimate of Urban Agriculture Earth's Future 10.1002/2017ef000536.
- Cheeke, Tanya E., David C. Coleman, Diana H. Wall. 2012. Microbial Ecology in Sustainable Agroecosystems CRC Press, Boca Raton.
- Daisley, L.E.A., Chong, S.K., Olsen, F.J., Singh, L., George, C., 1988. Effects of surface-applied grass mulch on soil water content and yields of cowpea and eggplant in Antigua. *Trop. Agric. (Trinidad)* 65, 300–304.
- de Bon, H., Parrot, L., and Moustier, P. 2009. Sustainable urban agriculture in developing countries. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 21–32. <https://doi.org/10.1051/agro:2008062>
- De Kimpe, Christian R.; Morel, Jean-Louis. 2000. Urban Soil Management: a growing concern. *Soil Science* 165, 31-40
- de Zeeuw, H., van Veenhuizen, R., & Dubbeling, M. 2011. The role of urban agriculture in building resilient cities in developing countries. *The Journal of Agricultural Science*, 149(S1), 153–163. <https://doi.org/10.1017/S0021859610001279>
- Egerer, M., Liere, H., Lin, B., Jha, S., Bichier, P., & Philpott, S.M. 2018. Herbivore regulation in urban agricultural systems: direct and indirect effects. *Journal of Applied Ecology* 29,44-54.
- Faeth, S. H., Bang, C., & Saari, S. 2011. Urban biodiversity: patterns and mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223, 69-81. doi: 10.1111/j.1749-6632.2010.05925.x.
- Fageria, N.K., V.C. Baligar, and B.A. Bailey. 2005. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 36, 2733– 2757.
- Francis, C. A. 1986. Multiple cropping systems. MacMillan, New York, USA.
- Funes, F. A., and Vazquez, L.L. 2016. Avances de la Agroecología en Cuba. Estacion Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. 605 p.
- Gaskell, M and R. Smith. 2007. Nitrogen

- sources for organic vegetable crops. *Horttechnology* 17, 431-441.
- Gliessman S. R. 1998. *Agroecology: ecological process in sustainable agriculture*. Ann Arbor Press, Michigan. 356p.
- Grewal, S. S., and Grewal, P.S. 2012. Can cities become self-reliant in food? *Cities*, 29(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.06.003>
- Hanada, T., 1991. The effect of mulching and row covers on vegetable production. Extension Bulletin, AS-PAC No. 332, 22 pp.
- Holt-Gimenez, E. 2017. *A Foodie's Guide to Capitalism: Understanding the Political Economy of What We Eat*. Monthly Review Books, New York.
- Hudson, B. D. 1994. Soil organic matter and available water capacity. *Journal of Soil and Water Conservation* 49, 189-194.
- Infante A. L. 1986. Descripción de un sistema de producción intensivo de hortalizas a nivel familiar bajo tecnología orgánica. Tesis para optar a Ingeniero Agronomo. Universidad de Chile. Facultad de ciencias Agrarias y Forestales. Santiago 178p.
- Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H., and Tas, I. 2003. Mycorrhizal colonisation improves fruit yield and water use efficiency in watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) grown under well-watered and water-stressed conditions. *Plant and Soil*, 253(2), 287-292. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/24121185>.
- Kremer, P., and DeLiberty, T. L. 2011. Local food practices and growing potential: Mapping the case of Philadelphia. *Applied Geography*, 31(4), 1252-1261. doi:10.1016/j.apgeog.2011.01.007.
- Mata, L., Threlfall, C.G., Williams, N.S.G., Hahs, A.K., Malipatil, M., Stork, N.E., and Livesley, J.L. 2017. Conserving herbivorous and predatory insects in urban green spaces, *Scientific Reports*, 7, (40970).
- Magdoff, F. and van Es, H. 2000. *Building soils for better crops*. Sustainable Agriculture Network Handbook series 4. Beltsville, MD.
- Maloy, O.C., Burkholder, W.H., 1959. Some effects of crop rotation on *Fusarium* root rot of bean. *Phytopathology* 49, 583-587.
- Martellozzo, F., Landry, J.L., Plouffe, D., Seufert, V., Rowhani, P., and Ramankutty, N. 2014. Urban agricul-

ture: A global analysis of the space constraint to meet urban vegetable demand. *Environmental Research Letters*, 9(6), 64025. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/6/064025>

Nicholls, C. I., Altieri, M.A., and Vazquez, L.L. 2016. Agroecology: principles for the conversion and redesign of farming systems. *Journal of Ecosystems and Ecography*. <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7625.55-010>.

Ouma, G and P. Geruto 2010 Sustainable horticultural crop production through intercropping: The case of fruits and vegetable crops: A review. *Agriculture and Biology Journal of North America*. doi:10.5251/abjna.2010.1.5.1098.1105

Ponti L., Altieri M.A., Gutierrez A.P. 2007. Effects of crop diversification levels and fertilization regimes on abundance of *Brevicoryne brassicae* (L.) and its parasitization by *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) in broccoli. *Agr. Forest Entomol.* 9,209-214

Siegner, A, J. Sowerwine and C. Acey. 2018. Does Urban Agriculture Improve Food Security? Examining the Nexus of Food Access and Distribution of Urban Produced Foods

in the United States: A Systematic *Review Sustainability* 10(9), 2988; <https://doi.org/10.3390/su10092988>

Smit, J., J. Nasr, and Ratta, A. 2001. *Urban Agriculture: Food, Jobs and Sustainable Cities* (2nd ed.). Washington, DC: The Urban Agriculture Network, with permission from the United Nations Development Programme.

Zhang, F. and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency, *Plant and Soil*, vol. 248, 305–312



Miguel A. Altieri, Profesor Emérito de Agroecología Universidad de California, Berkeley, Co-Director de CELIA y Presidente Honorífico de la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).

Clara I. Nicholls, Ph.D. Profesora Universidad de California, Berkeley. Coordinadora Regional de la Red Iberoamericana de Agroecología para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático, Co-Directora de CELIA y Presidenta honorífica de la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).

Cita correcta: Nicholls, C.I. y M.A. Altieri (2019) Agroecología Urbana: Diseño de Granjas Urbanas Biodiversas, Productivas y Resilientes. Boletín Científico 2. CELIA Ediciones, Medellín, Colombia.

