



RNPS 2550

RNSW A1439

REVISTA CUBANA DE GEOMÁTICA



ISSN 3005 - 3390

gcomatica.geocuba.cu



Código 2432524



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD AGRÍCOLA AL CAMBIO CLIMÁTICO CON ENFOQUE ESPACIAL, USANDO INFORMACIÓN CATASTRAL
ANALYSIS OF AGRICULTURAL VULNERABILITY TO CLIMATE CHANGE WITH A SPATIAL APPROACH, USING CADASTRAL INFORMATION

Dr.C. José Carlos Núñez Mora ¹
1.GEOCUBA UCT-IC, jcarlos@uct.geocuba.cu

RESUMEN

La evaluación, análisis y mapeo de la vulnerabilidad al cambio climático en la agricultura, constituye la base para un desarrollo sostenible y resiliente, lo que provoca la necesidad de establecer una política de adaptación del sector de la agricultura al cambio climático, debido a la prioridad que representa la alternativa de adelantarse a los problemas y solucionarlos a tiempo.

La adaptación al cambio climático requiere información espacial precisa, donde el catastro juega un rol central al proporcionar datos sobre: límites parcelarios y tenencia de la tierra, usos de los suelos (agrícolas, urbanos, forestales) e infraestructuras críticas (ríos, carreteras, áreas protegidas). Los mapas obtenidos de estos modelos, han demostrado ser herramientas útiles y fáciles de interpretar por los diferentes usuarios, proporcionando una base de evidencias del cambio climático, que cimientan discusiones sobre medidas de adaptación.

El catastro en Cuba, aún no tiene una tradición de uso en estudios ambientales y del cambio climático, como un enfoque emergente en investigaciones interdisciplinarias, que vinculan la tenencia de tierra y la fragmentación del paisaje, con la vulnerabilidad socio ecológica de los territorios.

Este trabajo, propone un método para el uso de la información catastral en los análisis de la vulnerabilidad agrícola al cambio climático, a partir del uso de indicadores caracterizadores de

estas vulnerabilidades y riesgos, fundamentalmente los índices de fragmentación de la tierra y el Índice de Shannon, permitiendo su uso para orientar políticas públicas que reduzcan los riesgos climáticos, promuevan la conectividad ecológica, y fortalezcan la resiliencia comunitaria.

Palabras clave: agricultura; cambio climático; catastro

ABSTRACT

The assessment, analysis, and mapping of vulnerability to climate change in agriculture constitute the basis for sustainable and resilient development. This necessitates the establishment of a climate change adaptation policy for the agricultural sector, given the priority of anticipating problems and addressing them in a timely manner.

Climate change adaptation requires precise spatial information, where land registration plays a central role by providing data on: parcel boundaries and land tenure, land uses (agricultural, urban, forestry), and critical infrastructure (rivers, roads, protected areas). The maps obtained from these models have proven to be useful and easily interpreted tools for different users, providing an evidence base for climate change and underpinning discussions on adaptation measures.

In Cuba, land registration does not yet have a long tradition of use in environmental and climate change studies, but it is emerging as an approach in interdisciplinary research that links land tenure, landscape fragmentation, and the socio-ecological vulnerability of territories. This paper proposes a method for using cadastral information in agricultural vulnerability analyses to climate change, based on the use of indicators that characterize these vulnerabilities and risks, primarily the land fragmentation indices and the Shannon Index, allowing its use to guide public policies that reduce climate risks, promote ecological connectivity, and strengthen community resilience

Keywords: agriculture; climate change; land registry

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las principales actividades humanas, no solo porque de ella depende la supervivencia humana, sino porque es una actividad económica fundamental para los habitantes de muchas regiones del mundo. Esta actividad se ha visto afectada, debido a que depende en gran

medida del comportamiento del clima, resultando vulnerable, ante cualquier cambio ambiental. En este sentido, los impactos que causa dicha afectación, se verán reflejados en la producción de alimentos, y en consecuencia en la economía y la estabilidad social de las diferentes localidades.

La agricultura va a enfrentarse, en los próximos años, a muchos desafíos (competencia internacional, demográficos...) y el cambio climático va a sumarse a esas presiones. Los cambios previstos van a afectar al rendimiento de los cultivos y a la ubicación de la producción, con graves riesgos de abandono de tierras. Se hace necesario, establecer una política de adaptación del sector de la agricultura al cambio climático, debido a la prioridad que representa la alternativa de adelantarse a los problemas y solucionarlos a tiempo, frente a la posibilidad de reacción desesperada, espontánea y brusca que puede convertirse en situación de crisis, y generar numerosas pérdidas económicas, ambientales, materiales y humanas.

En determinados aspectos es difícil y complicado establecer medidas de adaptación, debido a la incertidumbre de los impactos, e incluso a la propia evolución del clima, que imposibilitan la adecuación de unos u otros tipos de medidas o estrategias. Las estrategias de adaptación tienen que centrarse en los análisis de vulnerabilidad al cambio climático.

Un concepto fundamental en el análisis de riesgos de la agricultura, ante el cambio climático, es justamente el de vulnerabilidad. Desde hace algunas décadas, pero con mayor intensidad en las dos últimas, se ha manifestado un gran interés por analizar y medir los efectos del cambio climático en la actividad agrícola y su vulnerabilidad, para definir medidas de adaptación más eficaces.

En el contexto del cambio climático global, los sistemas catastrales han evolucionado de ser meros registros de propiedad a convertirse en instrumentos clave para la gestión climática integral y los análisis de vulnerabilidad.

Este artículo analiza el rol estratégico del catastro en la identificación de vulnerabilidades en la agricultura cubana, lo cual permite la planificación de medidas de adaptación y la implementación de acciones de mitigación. El catastro es importante como base técnica, para la toma de decisiones informadas, proponiendo algunas adiciones al uso de los métodos tradicionales para determinar vulnerabilidades al cambio climático, incorporando indicadores obtenidos del catastro, vinculado a la propiedad y extensión de las áreas.

2. METODOLOGIA

El Cambio Climático (CC) en los últimos años ha cobrado gran importancia, no solamente por las causas de origen de este fenómeno, sino principalmente por el impacto que puede causar al ser humano. Actualmente, el número de desastres relacionados con el clima ha experimentado un significativo incremento durante los últimos treinta años, ya que, de acuerdo con información de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, las inundaciones y las tormentas muestran una fuerte tendencia de incremento, pasando de 30 a 60 eventos por año, a más de 150 en los últimos 13 años. Por otra parte, los eventos por temperaturas extremas se han mantenido en un número que va de 20 a 30 por año; y las sequías se han mantenido dentro del promedio de 15 a 17 por año. Sin embargo, el impacto de estos acontecimientos se ve incrementado por el conjunto de condiciones de inseguridad en las que se encuentran expuestas las comunidades, como es la insuficiente capacidad para responder y recuperarse de un desastre, y el comportamiento del hombre, quien con su conducta puede contribuir a maximizar factores de riesgo.

En este contexto se enmarca este trabajo, como parte de un proyecto que prevé fortalecer las capacidades de gestión de los gobiernos e instituciones claves en el manejo integral ante eventos extremos y la resiliencia agrícola, además de elevar la percepción del riesgo en las comunidades vulnerables. Se requiere con urgencia la preparación de los actores locales y el fortalecimiento de capacidades (inclusive algunas ya instaladas como el catastro), para diseñar estrategias que promuevan un enfoque integrado de definición de vulnerabilidades fortaleciendo la eficiencia, efectividad de la vigilancia y el pronóstico de múltiples riesgos que amenazan la agricultura.

Este artículo explora cómo los datos catastrales, combinados con indicadores obtenidos de esos datos, tales como el Índice de Fragmentación Territorial (IFT), y el Índice de Shannon, pueden orientar políticas públicas que reduzcan riesgos climáticos, promuevan la conectividad ecológica y fortalezcan la resiliencia comunitaria. Los dos índices miden aspectos diferentes, pero son complementarios de la estructura del paisaje, cuya relación puede aportar información valiosa para la planificación territorial y la adaptación al cambio climático.

1.1 Propuesta de métodos para la estimación de índices de vulnerabilidad agrícola.

La caracterización de la vulnerabilidad es clave para saber la magnitud de las afectaciones debido a las amenazas del cambio climático, y poder establecer medidas de adaptación que se adecuen a las características ambientales, sociales, económicas de nuestro territorio y comunidad.

La información geográfica de detalle como la catastral, puede utilizarse en la vulnerabilidad agrícola territorial, en primer lugar, para elaborar una cartografía de riesgos precisa, -necesaria para la estrategia de respuesta a las emergencias-, y en segundo lugar, para organizar las actuaciones de la Defensa Civil. Es importante no solo la información espacial o geográfica, sino también la relativa a la propiedad de todos estos elementos que permitan una adecuada movilización de los recursos. Una adecuada información espacial-jurídica como la que proporcionan los datos del catastro y del registro de la propiedad, es fundamental a la hora de estimar los niveles de vulnerabilidad.

La vulnerabilidad de la agricultura ante el cambio climático en un área territorial dada, es el componente más complicado de determinar, dado que se trata de una variable compleja, poco objetiva y, por lo tanto, prácticamente imposible de medir directamente. En estos casos la mejor manera de lograr una aproximación a un valor plausible de este tipo de variable, es aplicar la teoría de indicadores (en este caso, usando información catastral), según la cual es posible establecer un valor cuantitativo, a partir de la combinación adecuada de variables medibles, y que se sabe que están correlacionadas con la variable que se estudia, pudiendo establecer una predicción aceptable.

La vulnerabilidad del área de estudio, resulta entonces de la combinación de los distintos índices calculados, que en conjunto determinan la vulnerabilidad final. Cabe destacar que esta aproximación se seleccionó en atención a que la metodología que se debía desarrollar debía poder aplicarse en distintos puntos del país, lo que obliga a adaptarse al nivel de información disponible. Sin embargo, no debe perderse de vista que la utilización de estos índices tiene como función estimar la vulnerabilidad del sector agrícola a nivel de una unidad territorial que se está estudiando, por lo tanto, son perfectamente reemplazables en la medida que se cuente con mejor información, encuestas u otro tipo de muestreos que permitan expresar el valor de vulnerabilidad.

1.2 Índice de fragmentación de tenencia de la tierra (FT).

El índice de fragmentación de la tierra es una medida cartográfica del grado de agregación espacial de las manchas de hábitat o división en sectores del objeto de estudio.

Este factor se basa en el supuesto de que el tamaño de la explotación está inversamente relacionado con la vulnerabilidad, aunque no necesariamente de manera lineal. Para construir este indicador el tamaño de la propiedad se transforma a una escala de vulnerabilidad, según una función de transformación. De esta manera, a cada rango de superficie del censo agropecuario se

le asigna un nuevo valor (índice Kn), el cual se pondera por la superficie que existe en ese rango en cada unidad territorial. Posteriormente se realiza la sumatoria de estos ponderados y se divide por la superficie total de la unidad, como se muestra en la Ecuación 1.

$$FT = \frac{(k_1 * ST_1 + k_2 * ST_2 + \dots + k_n * ST_n)}{ST} \quad (1)$$

De esta manera, un distrito en donde la tenencia de la tierra es mayoritariamente de pequeños agricultores, el factor FT asociado es un valor cercano a uno, mientras que, en una situación distrital opuesta, es decir, en donde la tenencia de la tierra se asocia a grandes propietarios, el índice adopta un valor cercano a cero.

1.3 Índice de Shannon.

El índice de Shannon (también conocido como Índice de *Shannon-Wiener* o *Shannon-Weaver*), es una medida de diversidad que se utiliza comúnmente en ecología, pero también puede aplicarse en otros contextos, donde se desee cuantificar la diversidad de categorías en un conjunto de datos. Es derivado de la teoría de información como una medida de la entropía. El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Se aplica en áreas homogéneas. En el caso de Shannon bajo, implica territorios dominados por un solo uso del suelo (ej.: monocultivos), más susceptibles a plagas o sequías, es una medida utilizada en estudios ecológicos y ambientales, para cuantificar la diversidad en una comunidad. Considera, tanto la abundancia, como la uniformidad de las especies presentes, proporcionando una visión general completa de la biodiversidad.

Este índice, también se ha aplicado en estudios ambientales y de cambio climático, para analizar la diversidad de la propiedad de la tierra, especialmente en contextos donde la estructura de tenencia, fragmentación o usos del suelo influyen en la sostenibilidad, resiliencia y mitigación climática. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal es entre dos y tres; valores inferiores a dos se consideran bajos en diversidad y superiores a tres son altos en diversidad de especies.

1.4 Diferencias en la información que aportan ambos indicadores.

A continuación, se presenta un enfoque, que garantiza en la metodología propuesta un complemento entre las dos informaciones que brinda la tabla 1 (UNEA. 2021).

Tabla 1.

Aspecto	IFT	Índice de Shannon (H')
Enfoque	Mide la división física del paisaje.	Mide la diversidad de categorías de fragmentación.
Escala	Analiza fragmentos individuales.	Evalúa la distribución de clases de IFT en el territorio.
Utilidad para adaptación al cambio climático	Identifica zonas críticas (ej.: corredores rotos).	Revela si hay homogenización (riesgo) o diversidad (resiliencia).

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de la metodología propuesta se realizó a nivel de consejo popular en el municipio de Güira de Melena (Fig. 1).

2.1 Resultados Índice de Fragmentación de la tierra (ft).

Se definió para la zona de Güira de Melena (Fig.1), un índice de fragmentación baja y moderada (Tabla 2), implicando los siguientes análisis de impactos ambientales:

- Las parcelas pequeñas y aisladas no dificultan el movimiento de las especies, mejorando la efectividad de los corredores biológicos.
- Se disminuye la vulnerabilidad a sequías e incendios.
- Coordinar prácticas sostenibles es más fácil.
- No existe un aumento de conflictos debido a la competencia por el agua, límites territoriales o derechos de uso.

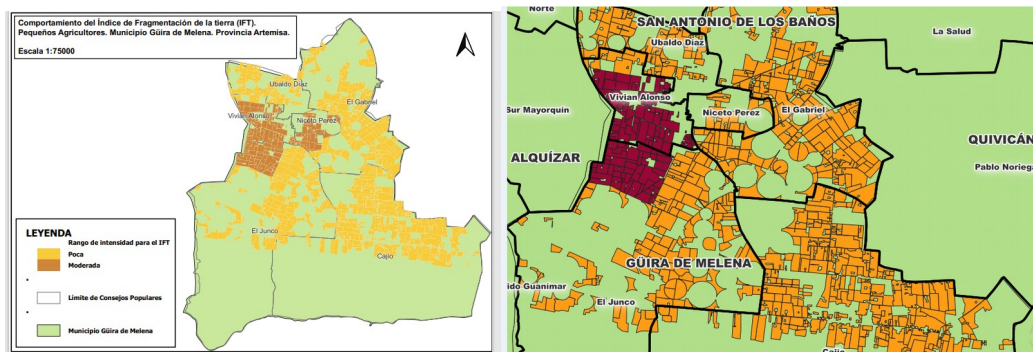


Figura 1. Mapa de vulnerabilidad por fragmentación de la tierra del municipio Güira de Melena.

Tabla 2. Características del índice de fragmentación.

Consejo Popular	Municipio	Área Total Ha	Sumatoria (Área*KN)	IFT	Rango	Observaciones
Cajío	Güira de Melena	8035.92	850.54	0.1058	Poca	Poca fragmentada
El Gabriel	Güira de Melena	3485.08	723.63	0.2076	Poca	Poco mayor que El Cajío
El Junco	Güira de Melena	6299.28	528.21	0.0839	Poca	Menos fragmentado
Niceto Pérez	Güira de Melena	245.93	92.63	0.3767	Moderada	Área más pequeña, mayor división territorial.
Ubaldo Díaz	Güira de Melena	876.35	207.19	0.2364	Poca	Fragmentación cercana a moderada
Vivian Alonso	Güira de Melena	780.49	311.01	0.3985	Moderada	Mayor fragmentación del. Municipio, casi alta

Los riesgos identificados a partir del valor obtenido de índice de fragmentación, fueron:

1. Riesgos asociados a la baja diversidad en fragmentación:

- Mayor vulnerabilidad en áreas con "Poca" fragmentación (dominantes): Si estas zonas son, por ejemplo, **áreas agrícolas o bosques continuos**, podrían ser más sensibles a:
 - i. **SEQUÍAS prolongadas** (al no tener mosaicos de vegetación que retengan humedad).
 - ii. **Plagas o incendios** (la homogeneidad facilita la propagación).

Si son **zonas urbanas consolidadas**, podrían tener menor capacidad de adaptación por falta de espacios naturales intermedios que amortigüen impactos (ej.: inundaciones).

- Oportunidades en áreas con "Moderada" fragmentación (minoritarias):
- Estas zonas podrían actuar como amortiguadoras o corredores ecológicos, pero al ser escasas (solo 5.2% del área), su papel es limitado.
- Mayor fragmentación: Vivian Alonso (IFT = 0.3985), aunque aún en rango moderado, es el más alto del municipio.
- Menor fragmentación: El Junco (IFT = 0.0839).
- Casos cercanos a cambio de rango:
 - Ubaldo Díaz (IFT = 0.2364) está cerca del umbral moderado (0.25).

Vivian Alonso (IFT = 0.3985) roza el umbral de alta fragmentación (0.4).

El municipio Güira de Melena, muestra predominio de fragmentación poca (cuatro de seis consejos), con dos casos moderados vinculados a áreas territoriales pequeñas y mayor división.

Las medidas de adaptación recomendadas fueron:

- **En áreas de "Poca" fragmentación (ej.: Cajío, El Junco):**
 - **Diversificar usos del suelo:** Introducir cultivos resilientes o barreras vivas para reducir riesgos climáticos.
 - **Restauración de corredores biológicos:** Conectar fragmentos aislados para mejorar la resiliencia ecológica.
- **En áreas "Moderada" fragmentación (ej.: Vivian Alonso, Niceto Pérez):**
 - **Fortalecer su rol como zonas de transición:** Proteger estos espacios para que sirvan como reguladores térmicos o hídricos.
 - **Planificación urbana/climática:** Evitar que aumente su fragmentación (ej.: por construcción no regulada).

2.2 Resultados Índice de Shannon.

El **Índice de Shannon** para la diversidad de rangos de IFT en los Consejos Populares es aproximadamente **0.204**.

Interpretación:

- Un valor cercano a 0 indica baja diversidad (predomina una categoría).
- En este caso, el valor es bajo (0.204), lo que refleja que la categoría "Poca" domina en la mayoría de las áreas analizadas.

Un Índice de Shannon bajo (como en este caso) sugiere:

1. Riesgos asociados a los resultados de este índice:
 - Mayor vulnerabilidad en áreas con "Poca" fragmentación (dominantes):
Si estas zonas son, por ejemplo, áreas agrícolas o bosques continuos, podrían ser más sensibles a:
 - i. **Sequías prolongadas** (al no tener mosaicos de vegetación que retengan humedad).
 - ii. **Plagas o incendios** (la homogeneidad facilita la propagación).

Si son **zonas urbanas consolidadas**, podrían tener menor capacidad de adaptación por falta de espacios naturales intermedios que amortigüen impactos (ej.: inundaciones).

Oportunidades en áreas con "Moderada" fragmentación (minoritarias):

- Estas zonas podrían actuar como amortiguadoras o corredores ecológicos, pero al ser escasas (solo 5.2% del área), su papel es limitado.
- El Índice de Shannon, revela que la fragmentación es diversa o homogénea.
- La baja diversidad ($H' = 0.204$) sugiere que, aunque la fragmentación general es baja (IFT dominante "Poca"), la falta de variedad en los patrones espaciales podría limitar la resiliencia climática.
- Integrar ambos índices permite diseñar estrategias de adaptación más precisas (ej.: dónde reforestar o cómo planificar usos del suelo).

Si IFT es bajo + Shannon bajo:

- Riesgo: Paisajes poco diversos pueden ser menos resilientes (ej.: un monocultivo es más vulnerable que un agroecosistema diverso).

Acciones recomendadas:

- Aumentar la conectividad entre fragmentos (ej.: corredores verdes).
- Promover usos del suelo mixtos (ej.: combinar agricultura con bosques riparios).

Recomendación: Cruzar estos resultados con datos de vulnerabilidad climática local para priorizar acciones (ej.: zonas inundables).

3. CONCLUSIONES

- A partir de los resultados del presente trabajo, se evidencia que existe la posibilidad de que el catastro, trascienda su función tradicional de registro de propiedad, para convertirse en una herramienta estratégica contra el cambio climático.
- La integración de indicadores como el Índice de fragmentación de la tierra (IFT) y el Índice de Shannon, proporciona una base científica, para **reducir vulnerabilidades, promover paisajes multifuncionales resilientes, garantizando un desarrollo sostenible e inclusivo.**
- Los dos índices miden aspectos diferentes, pero son complementarios de la estructura del paisaje; su relación puede aportar información valiosa, para la planificación territorial y la adaptación al cambio climático.
- Se impone alertar que, invertir en **catastros robustos y actualizados** no es solo una necesidad técnica, sino un imperativo ético frente a la crisis climática global.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Duarte Bermúdez, N. 2017. *Guía para lectura y uso de información catastral multipropósito*, Colombia.
- UNEA. 2021. Metodología para el desarrollo cartográfico para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo agroclimático en Chile pp 11-33. (UNEA) Unidad Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático, Chile.
- Rodríguez Rubí, J. 2021 Análisis de vulnerabilidad agrícola al cambio climático para la región del sistema de la integración centroamericana SICA.
- Aldunce, P. y M. González. 2019. Desastres asociados al clima en la agricultura y medio rural en Chile.
- Editado por Universidad de Chile, FIA, y Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (PNUD CONAMA). 117 p.
- Bossel, H., 1999. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. A Report to.
- CONAMA. 2018. Análisis de Vulnerabilidad del sector agropecuario, recursos hídricos y edáficos de Chile frente a escenarios de Cambio climático. Santiago, Chile.

- DICTUC, 2019. Propuesta de modificación de la resolución (DGA) n°39 de 1984, criterios para calificar épocas de sequía que revistan el carácter de extraordinaria, art. 314 del Código de Aguas. Volumen 1. Dirección General de Aguas. Dirección Meteorológica de Chile,
- FAO. 2020. Gestión del riesgo de sequía y otros eventos extremos en Chile. Disponible en: <http://www.fao.cl/pubs/pdf/climachl.pdf> Leído el 20 de septiembre de 2010.
- González, M. 2009. Análisis de los desastres socio-naturales en la ciudad de Valparaíso. Memoria para optar al título de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 143 p.
- Michigan: ASAE Modification of the Aerial Environment of Crops. American Society of Agricultural Engineering (ASAE), Monograph No.2.
- Hay, J. 2007. Extreme weather and climate events, and farming risks. In: Sivukumar, M. and R. Motha. Managing weather and climate risks in agriculture. Springerlink. 503 p.
- Lavell, A. 2000. Desastres urbanos: una visión global. Publicado por La Red en línea. Disponible en: http://www.desenredando.org/public/articulos/2000/duuvvg/DUUVG_mar-1-2002.pdf Leído el 11 de julio de 2006.
- Maskrey, A. (Ed.). 1993. Los desastres no son naturales. La Red. 137 p.
- Oficina Nacional de Emergencias, ONEMI. 2002. Plan Nacional de Protección Civil. Disponible en: <http://www.onemi.cl/images/onemi/archivos/decretoplannacionalprotcivil.pdf> Leído el 5 de enero de 2009.
- UNEA. Unidad Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del riesgo agroclimático Metodología para el Desarrollo Cartográfico para la Evaluación de la Vulnerabilidad y Riesgo Agroclimático en Chile
- Santibáñez, F. y Uribe, J. M. 1993. Atlas Agroclimático de Chile: Regiones VI, VII, VIII y IX. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Ingeniería y Suelos, Laboratorio de Agroclimatología. Santiago, Chile.
- Singh, R.K., H.R. Murty, S.K. Gupta, A.K. Dikshit. 2009. An overview of sustainability assessment methodologies, Ecological Indicators, Volume 9, Issue 2, March 2009.